



TUGAS AKHIR - TE 141599

**ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMANSI ANTARA
PROTOKOL ROUTING B.A.T.M.A.N. DAN AODV PADA
SKENARIO BENCANA ALAM**

Rhedylla Dwi Poetra
NRP 07111340000009

Dosen Pembimbing
Dr. Istas Pratomo, ST. MT.
Ir. Djoko Suprajitno Rahardjo, MT.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

---Halaman ini sengaja dikosongkan---



FINAL PROJECT - TE 141599

***COMPARATIVE ANALYSIS OF PERFORMANCE
BETWEEN THE PROTOCOL ROUTING B.A.T.M.A.N
AND AODV ON NATURAL DISASTER SCENARIOS***

Rhedylla Dwi Poetra
NRP 07111340000009

Advisor
Dr. Istas Pratomo, ST. MT.
Ir. Djoko Suprajitno Rahardjo, MT.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Electrical Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

PERNYATAAN KEASLIAN

TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi keseluruhan tugas akhir saya dengan judul "**Analisis Perbandingan Performansi antara Protokol Routing B.A.T.M.A.N Dan AODV Pada Skenario Bencana Alam**" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 15 Januari 2018



Rhedylla Dwi Poetra
NRP. 07111340000009

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

**ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMANSI ANTARA
PROTOKOL ROUTING B.A.T.M.A.N. DAN AODV PADA
SKENARIO BENCANA ALAM**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada**

**Bidang Teknik Telekomunikasi
Departemen Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

Dr. Istas Pratomo, ST. MT.
NIP. 197903252003121001

Ir. Dioko Suprajitno Rahardjo, MT.
NIP. 195506221987011001



---Halaman ini sengaja dikosongkan---

ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMANSI ANTARA PROTOKOL ROUTING B.A.T.M.A.N DAN AODV PADA SKENARIO BENCANA ALAM

Nama Mahasiswa : Rhedylla Dwi Poetra

NRP : 07111340000009

Dosen Pembimbing I : Dr. Istas Pratomo, ST. MT.

Dosen Pembimbing II : Ir. Djoko Suprajitno Rahardjo, MT.

ABSTRAK

Mobile AdHoc Network (MANET) merupakan jaringan *wireless* yang dalam pengoperasiannya tidak memerlukan infrastruktur tetap. Pada model jaringan ini, setiap *node* bergerak dengan bebas serta berlaku sebagai *host* serta sebagai penerus (*router*). Salah satu yang dapat mempengaruhi performa jaringan manet adalah pergerakan node dalam jaringan serta protokol routing yang diterapkan.. Pada Tugas akhir ini, dilakukan analisa perbandingan performa antara protokol routing B.A.T.M.A.N (*Better Approach To Mesh AdHoc Network*) yang merupakan protokol routing proaktif dengan protokol AODV (*AdHoc On Demand Distance-Vector*) yang merupakan protokol routing reaktif dengan skenario pergerakan node berupa *Disaster Area*. Analisa performa dilakukan dengan bantuan simulator jaringan OMNET++. Dari hasil yang didapatkan bahwa protokol B.A.T.M.A.N. unggul dalam *throughput* dengan *throughput* tertinggi yakni 8,273.778 bit/s. Namun AODV unggul dalam hal *control message* yakni sebesar 152,337.1 bit sedangkan B.A.T.M.A.N. membludak yakni sebesar 87,046,750.40 bit. Oleh karena itu diambil kesimpulan bahwa protokol routing AODV lebih cocok untuk skenario bencana alam

Kata kunci: Bencana alam, Mobile Adhoc Network (MANET), B.A.T.M.A.N, AODV, Disaster Mobility

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

COMPARATIVE ANALYSIS OF PERFORMANCE BETWEEN THE B.A.T.M.A.N AND AODV ROUTING PROTOCOLS IN NATURAL DISASTER SCENARIOS

Nama Mahasiswa : Rhedylla Dwi Poetra
NRP : 07111340000009
Dosen Pembimbing I : Dr. Istas Pratomo, ST. MT.
Dosen Pembimbing II : Ir. Djoko Suprajitno Rahardjo, MT.

ABSTRACT

Mobile AdHoc Network (MANET) is a wireless network that in operation does not require. In this network model, each node moves freely and acts as both a host and a router. One that can affect the performance of the manet network is the movement of nodes within the network and the routing protocols that apply. In this final project, a performance comparison comparison between BATMAN routing protocols (a Better Approach for Adhoc Network Mesh) is a proactive routing protocol with protocol AODV (AdHoc On Demand Distance-Vector) which is a reactive routing protocol with node movement scenarios. Performance analysis is done with the help of OMNET ++ network simulator. From the results obtained protocol B.A.T.M.A.N. superior in throughput with highest throughput of 8.273.778 bit / s. However AODV excels in the intruder control message of 152.337.1 bits, while B.A.T.M.A.N. have 87,046,750.40 bits. Therefore it is concluded that the AODV routing protocol is more suitable for natural disaster scenarios.

Keyword: Natural Disaster, Mobile Adhoc Network (MANET), B.A.T.M.A.N, AODV, Disaster Mobility

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan tepat waktu. Shalawat serta salam semoga selalu dilimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan umat muslim yang senantiasa meneladani beliau.

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna menyelesaikan pendidikan Sarjana pada Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang berjudul: “Analisis Perbandingan Performansi antara Protokol Routing B.A.T.M.A.N dan AODV Pada Skenario Bencana Alam”. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Tuhan Yang Maha Kuasa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya.
2. Kedua orang tua saya Bapak Haris Fadillah, dan Mamah Renny Faryani yang telah dan selalu memberikan dukungan dan doa yang menjadi semangat utama saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
3. Seluruh keluarga besar mulai dari Kak Refa, Sisi, Hani, om dan tante serta sepupu yang juga memberikan dukungan serta doa hingga saya menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Istas Pratomo dan Bapak Djoko Suprajitno selaku dosen pembimbing yang telah banyak membantu dan membagikan ilmu selama penelitian tugas akhir ini.
5. Mayang dan Hakam dari UGM serta Mas Chandra, Mas Abed dan Mas Rendra dari Sanata Dharma, yang sudah dibuat repot ketika saya belajar OMNeT++ di Jogja.
6. Dosen dan Teman-teman dari bidang studi Telekomunikasi Multimedia mulai B301 hingga B306 yang telah memberikan banyak wawasan dan *sharing* ilmu hingga saya dapat memahami mata kuliah sampai kelulusan
7. Teman-teman SMP, SMA, Rohis, OSIS dan geng kunci mbenyet, yang telah memberikan dukungan dan doa untuk memotivasi saya.

8. Teman-teman dari UKM TDC ITS yang selalu memberikan dukungan dan motivasi kepada saya hingga menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Fatina Fahma Nofa, yang telah mengingatkan selalu untuk menyelesaikan tugas dan tanggung jawab perkuliahan di perantauan ini.
10. Konco kenthel, Irfan Syuhudi dan Dedy Puji yang luar biasa membantu, mendukung, dan rela berkorban dalam membantu saya selama tahun terakhir di ITS.
11. Pihak-pihak lain yang belum bisa penulis sebutkan satu per satu yang ikut membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan masukan sangat diharapkan untuk perbaikan di masa yang akan datang. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca dan masyarakat pada umumnya.

Surabaya, 27 Desember 2017

Rhedylla Dwi Poetra

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	v
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metodologi	3
1.6 Relevansi	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Mobile Adhoc Network (MANET)	5
2.1.1 Karakteristik MANET	6
2.1.2 Protokol <i>Routing</i>	7
2.1.3 Faktor Mobilitas pada jaringan MANET	8
2.2 Protokol <i>Routing</i> B.A.T.M.A.N.....	9
2.2.1 Format Paket OGM.....	9
2.2.2 Cara kerja B.A.T.M.A.N	10
2.3 Protokol <i>Routing</i> AODV	11
2.3.1 Format Paket AODV	11
2.3.2 Proses <i>Routing</i> AODV	12

2.4	Mobilitas <i>Disaster Area</i>	13
2.4.1	<i>Separation of the Room</i>	13
2.4.2	Tipe Node dan Pergerakan.....	16
2.4.3	Bonnmotion.....	17
2.4.4	Susunan kode <i>Disaster Area</i> (DA).....	18
2.5	Simulator OMNET++.....	19
2.5.1	Fungsi OMNeT++	20
2.5.2	Pengkonfigurasian Parameter.....	20
2.5.3	Metrik Performansi pada OMNeT++	21
2.5.4	Mobilitas Disaster.....	21
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1	Mendesain Skenario Bencana Alam.....	24
3.1.1	Bencana Alam yang Diacu.....	24
3.1.2	Model Infrastruktur Komunikasi ketika Bencana Alam	25
3.2	Mendesain Skenario Pengukuran	28
3.2.1	Pembagian Jumlah Node Pada Setiap <i>Room</i>	29
3.2.2	Protokol Routing yang Digunakan	31
3.3	Spesifikasi Parameter Node	31
3.4	Membangkitkan Pergerakan Node	32
3.5	Melakukan Pengukuran	32
3.5.1	<i>Setup</i>	32
3.5.2	Running.....	33
3.5.3	Analisa Hasil Simulasi.....	34
3.6	Analisa Parameter Ukur.....	35
3.7	Analisa Hasil Uji Statistik.....	36
BAB 4	HASIL DAN ANALISA.....	39

4.1 B.A.T.M.A.N.	39
4.2 AODV	43
4.3 Perbandingan B.A.T.M.A.N. dan AODV	47
4.4 Analisa Hasil Uji DMRT.....	51
BAB 5 PENUTUP	55
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	58
RIWAYAT PENULIS	71

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jaringan menggunakan infrastruktur tetap (a) dan adhoc (b)	5
Gambar 2.2 Ilustrasi batasan jarak pengiriman pesan pada jaringan MANET	6
Gambar 2.3 Ilustrasi 4 node terhubung secara adhoc.	10
Gambar 2.4 Paket OGM dari node D diterima oleh node A melalui B dan C	10
Gambar 2.5 Koneksi antara node A dan B terputus, rusak, atau tidak stabil.	11
Gambar 2.6 Konsep separation of the room pada model mobilitas DA	14
Gambar 2.7 Contoh model separation of the room diambil dari [4].	16
Gambar 2.8 Script code untuk membuat pergerakan bencana alam.	19
Gambar 2.9 Ilustrasi skenario DA hasil dari script code	19
Gambar 3.1 Flowchart metodologi penelitian	23
Gambar 3.2 Peta Kelurahan Berok Nipah (Sumber : Google Maps)	24
Gambar 3.3 Desain skenario bencana	26
Gambar 3.4 Susunan penulisan koordinat setiap room	28
Gambar 3.5 Setup konfigurasi simulasi	33
Gambar 3.6 Tkenv pada simulator OMNET++	33
Gambar 3.7 Contoh File Rekap Hasil Simulasi	34
Gambar 3.8 Tampilan SPSS untuk uji DMRT	37
Gambar 4.1 Grafik nilai throughput B.A.T.M.A.N.	40
Gambar 4.2 Grafik PDR B.A.T.M.A.N.	41
Gambar 4.3 Grafik Control Message B.A.T.M.A.N.	42
Gambar 4.4 Grafik nilai throughput AODV	44
Gambar 4.5 Grafik nilai PDR dari AODV	45
Gambar 4.6 Control Message AODV pada skenario bencana alam	46
Gambar 4.7 Perbandingan Throughput kedua protokol routing	47
Gambar 4.8 Perbandingan PDR kedua protokol	49
Gambar 4.9 Perbandingan Control Message kedua protokol routing	50
Gambar 4.10 Hasil uji perbandingan protokol routing terhadap nilai throughput	53
Gambar 4.11 Pengaruh jumlah node terhadap nilai throughput	54

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Isi paket RREQ.....	12
Tabel 2.2 Penjelasan Fungsi Tiap Room.....	15
Tabel 2.3 Uraian jumlah node pada model DA gambar 2.5	17
Tabel 2.4 Kode dalam bonnmotion untuk membuat skenario DA	18
Tabel 3.1 Uraian jumlah petugas bencana alam Sumatera 2009	25
Tabel 3.2 Jumlah kendaraan penyelamatan bencana Sumatera 2009	25
Tabel 3.3 Koordinat lokasi tiap-tiap room	27
Tabel 3.4 Pembagian peran petugas pada skenario bencana alam.....	28
Tabel 3.5 Rincian jumlah dan karakteristik node pada skenario 10 node	29
Tabel 3.6 Rincian jumlah dan karakteristik node pada skenario 20 node	29
Tabel 3.7 Rincian jumlah dan karakteristik node pada skenario 30 node	30
Tabel 3.8 Rincian jumlah dan karakteristik node pada skenario 40 node	30
Tabel 3.9 Rincian Keseluruhan Skenario Jumlah Node dan Node Transport	31
Tabel 3.10 Protokol Routing yang Digunakan pada Skenario	31
Tabel 3.11 Spesifikasi Teknis Node.....	31
Tabel 4.1 Nilai Throughput B.A.T.M.A.N.	39
Tabel 4.2 Nilai PDR B.A.T.M.A.N.....	41
Tabel 4.3 Nilai Control Message B.A.T.M.A.N.	42
Tabel 4.4 Nilai throughput AODV	43
Tabel 4.5 Perbandingan nilai PDR B.A.T.M.A.N. dan AODV	45
Tabel 4.6 Perbandingan Control Message B.A.T.M.A.N. dan AODV ..	46
Tabel 4.7 Perbandingan nilai Throughput	47
Tabel 4.8 Perbandingan nilai PDR pada skenario DA	48
Tabel 4.9 Perbandingan nilai Control Message	50
Tabel 4.10 Korelasi Nilai Throughput antara Protokol BATMAN dan AODV	52
Tabel 4.11 Pengaruh protokol routing pada nilai throughput.....	53
Tabel 4.12 Hasil uji perbandingan jumlah node terhadap nilai throughput	54

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mobile AdHoc Network atau yang disingkat dengan MANET adalah sekumpulan *node* yang terhubung secara *wireless* tanpa adanya infrastruktur yang tersentralisasi ataupun tetap. Setiap *node* pada jaringan MANET berlaku sebagai *host* dan juga *router*. Adapun istilah lain untuk mendeskripsikan kumpulan *node* yang terhubung secara *wireless* tanpa infrastruktur tetap adalah *Wireless Mesh Network* (WMN). Perbedaan antara WMN dan MANET yakni adanya faktor mobilitas pada MANET. Dengan adanya faktor tersebut, MANET tidak memiliki topologi yang tetap karena *node* bisa terhubung dengan jaringan maupun terputus dari jaringan tanpa bisa terprediksi. Karakteristik yang dimiliki MANET tersebut, memungkinkan MANET cocok digunakan untuk kondisi (1) penyelamatan ketika terjadi bencana alam, (2) militer, (3) perawatan kesehatan, (4) lingkungan akademik, (5), lingkungan industri atau korporasi, (6) jaringan rumah, dan (7) jaringan sensor [1]. Adapun jaringan MANET pada kondisi bencana alam dipilih untuk dibahas pada penelitian tugas akhir ini.

Ketika terjadi bencana alam, sangat sulit untuk menjaga kestabilan telekomunikasi dikarenakan infrastruktur telekomunikasi yang rusak ataupun tidak berfungsi, serta terbatasnya sumber energi (listrik). Padahal pada kondisi darurat seperti itu, diperlukan sistem telekomunikasi yang mendukung tingkat mobilitas yang tinggi, pengiriman pesan yang cepat, serta hemat konsumsi daya dalam rangka menunjang aktifitas penyelamatan.

Disamping itu, protokol *routing* pada jaringan MANET memegang peran sentral pada performansi dari jaringan. Protokol *routing* menentukan konsumsi daya pakai telekomunikasi, kestabilan koneksi, keamanan komunikasi, serta apakah sistem telekomunikasi dapat mengirimkan pesan secara cepat. Apalagi jika pada kondisi bencana alam yang mana topologi jaringan berubah-ubah dengan cepat dan tidak bisa diprediksi, protokol *routing* adalah kunci dari sistem komunikasi nya.

Beberapa riset terkait analisa kinerja protokol *routing* pada skenario bencana telah dilakukan. Salah satunya adalah riset yang dilakukan oleh

D. G. Reina yang menganalisa kinerja protokol *routing* reaktif yakni AODV dan AOMDV [1]. Dijelaskan pada penelitian tersebut bahwa ketika bencana alam tidak cocok untuk menggunakan protokol *routing* proaktif dikarenakan kondisi yang tidak stabil ketika bencana alam akan menimbulkan *overhead* pada proses *routing*. Padahal beberapa protokol *routing* memiliki *Throughput* yang besar, sedikit konsumsi daya, dan bersifat adaptif pada kondisi mobilitas tinggi selayaknya ketika bencana alam.

Pada penelitian tugas akhir kali ini, akan diuji bagaimana performa protokol *routing* proaktif ketika terjadi bencana alam. Protokol proaktif dipilih karena memiliki QoS yang baik (*Throughput*, *Control Message*, *jitter*), serta memiliki skalabilitas yang tinggi [2]. Protokol *routing* proaktif yang akan diuji adalah *Better Approach To Mesh Adhoc Network* (B.A.T.M.A.N). Adapun protokol *routing* reaktif yakni *Adhoc On Demand Distance Vector Routing* (AODV).

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana performansi *routing* protokol B.A.T.M.A.N dan AODV pada skenario bencana alam menggunakan simulator OMNET++?
2. Protokol *Routing* mana yang lebih cocok dalam kondisi bencana alam?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengetahui performansi protokol *routing* B.A.T.M.A.N dan AODV pada skenario bencana alam menggunakan simulator OMNET++.
2. Membandingkan performansi protokol *routing* B.A.T.M.A.N dan AODV pada skenario bencana alam.

1.4 Batasan Masalah

1. Performansi diukur dan dianalisa dengan simulasi menggunakan simulator OMNET++
2. Trafik data yang digunakan dalam simulasi yaitu UDP
3. Model mobilitas pada skenario bencana alam menggunakan *Disaster Mobility*.

4. Kelurahan Berok Nipah pada Bencana Alam Sumatera 2009 dipilih sebagai model kasus bencana alam
5. Parameter yang digunakan sebagai uji performansi adalah *Packet Delivery Ratio* (PDR), *Throughput*, dan *Control Message*.
6. Jumlah koneksi sebesar 1 koneksi

1.5 Metodologi

Penulisan Tugas Akhir ini menggunakan metodologi sebagai berikut :

1. Studi Literatur
Pada tahap ini penulis mengumpulkan literatur berupa jurnal baik nasional maupun internasional. Literatur yang dipilih adalah yang berkenaan tentang *Mobile AdHoc Network* (MANET), OMNET++, *routing protocol adhoc*, serta model mobilitas pada bencana.
2. Desain Skenario Pengukuran.
Tugas akhir ini menggunakan simulator OMNET++. Oleh karena nya, pada tahap ini, dilakukan instalasi OMNET++, konfigurasi dasar *inetmanet* untuk menyesuaikan *environment* untuk *routing* B.A.T.M.A.N. dan AODV. Pada tahap ini juga diatur topologi jaringan, kecepatan mobilitas *node*, trafik data sesuai skenario bencana.
3. Pengambilan Data
Uji performansi dilakukan dengan menggunakan simulator jaringan OMNET++. Pada OMNET++ sudah disediakan *tools* yang dapat menampilkan data seperti halnya *Throughput*, *Control Message*, *cpu usage*, dll. Data yang dihasilkan akan diambil kemudian dianalisa.
4. Analisis Data
Data yang sudah didapatkan, akan disajikan dalam bentuk grafik. Dari grafik tersebut akan bisa dilihat faktor apa saja yang sangat berpengaruh pada jaringan MANET. Pengujian dengan mengganti parameter pada simulasi bisa saja dilakukan apabila diperlukan untuk membandingkan data.
5. Penulisan Buku TA.
Hasil penelitian yang telah dilakukan akan dilaporkan dalam bentuk laporan tugas akhir. Laporan berisi latar belakang penelitian, dasar teori yang digunakan, hingga hasil penelitian serta saran untuk penelitian terkait.

1.6 Relevansi

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan pada pembuatan sistem telekomunikasi berbasis *adhoc* yang khususnya digunakan ketika bencana alam.

1.7 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini akan diruntut dalam 5 bab pembahasan sebagai berikut .:

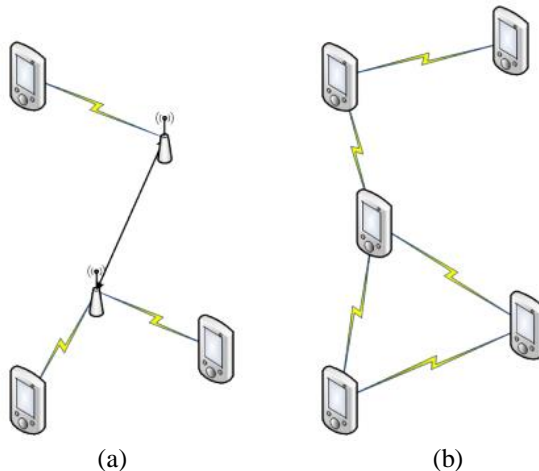
- BAB I : PENDAHULUAN**
Pada bab ini dibahas tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah yang diangkat, tujuan, metode penelitian, sistematika penulisan, dan relevansi
- BAB II : TEORI PENUNJANG**
Bab ini membahas tentang jaringan *Mobile AdHoc Network* (MANET), protoktol *routing* proaktif dan reaktif, protokol *routing* B.A.T.M.A.N dan AODV, model mobilitas *separated room*, serta penjelasan tentang OMNET++.
- BAB III : DESAIN SKENARIO PENGUKURAN**
Pada bab ini dijelaskan tentang rancangan sistem komunikasi *adhoc* menggunakan *software* OMNET++ versi 5.2. Konfigurasi *node* menggunakan model mobilitas *separated room* yang digunakan untuk menginterpretasikan kondisi bencana alam juga dijelaskan pada bab ini.
- BAB IV : HASIL SIMULASI DAN ANALISA DATA**
Bab ini menjelaskan hasil dari simulasi berupa grafik data *Throughput*, *PDR*, *Control Message*, serta analisa hasil membandingkan kedua protokol *routing*.
- BAB V : PENUTUP**
Bab ini memaparkan kesimpulan hasil dari analisa simulasi, serta saran untuk penelitian terkait.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mobile Adhoc Network (MANET)

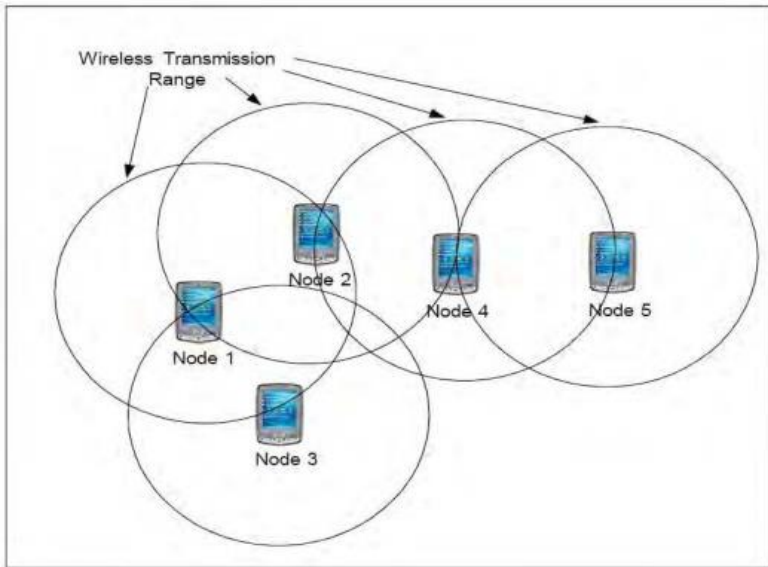
Mobile AdHoc Network atau yang disingkat dengan MANET adalah sekumpulan *node* yang terhubung dan berkomunikasi secara *wireless* tanpa adanya infrastruktur yang tersentralisasi ataupun tetap [3]. Sesuai dengan namanya, jaringan MANET memungkinkan setiap node bebas bergerak (*mobile*) sehingga tidak ada topologi yang tetap pada jaringan ini. Jaringan MANET juga tidak bergantung pada satu node sebagai *relay* seperti halnya jaringan wifi ataupun selular. Setiap node pada jaringan MANET bertindak sebagai *host* sekaligus *router*. IEEE 802.11 yang mengatur tentang jaringan nirkabel (WLAN) adalah landasan yang selama ini dipakai dalam penelitian jaringan MANET sebagai acuan kerangka kerja jaringan adhoc (MANET).



Gambar 2.1 Jaringan menggunakan infrasturktur tetap (a) dan adhoc (b)

Pada dasarnya setiap node pada jaringan MANET memiliki batasan jarak dalam melakukan pengiriman data seperti layaknya perangkat komunikasi wireless lainnya. Untuk menjangkau jarak yang jauh, data yang dikirimkan dari suatu node akan diteruskan oleh satu node ke node

lain (sesuai dengan protokol *routing* yang digunakan) hingga sampai ke tujuan. Proses ini dinamakan dengan *multihop*.



Gambar 2.2 Ilustrasi batasan jarak pengiriman pesan pada jaringan MANET

2.1.1 Karakteristik MANET

Beberapa karakteristik dari jaringan MANET antara lain :

- a. Tidak memerlukan infrastruktur tetap.

Jaringan MANET tidak bergantung dengan adanya infrastruktur tetap karena setiap node pada jaringan MANET mampu berfungsi sebagai *router* yang dapat meneruskan pesan ke *node* lain. Sehingga semua node dapat disebut sebagai *master node*.

- b. Topologi yang dinamis.

Pada jaringan MANET, node dapat secara bebas bergerak. Hal tersebut mempengaruhi koneksi antar node, yang mana koneksi antar node membentuk topologi dari jaringan. Oleh karena itu, topologi pada jaringan MANET selalu berubah-ubah tanpa terprediksi.

- c. Sumber Daya yang terbatas.

Node yang bersifat *mobile* atau senantiasa berpindah tempat menyebabkan node mengeluarkan daya tanpa mendapat *supply* daya terus

menerus seperti halnya catu daya PLN. Hal tersebut mengakibatkan terbatasnya sumber daya (*power*) pada node. Oleh karena itu,

Dengan karakteristik yang demikian, jaringan MANET dapat diaplikasikan di banyak kondisi antara lain :

- a. Operasi penyelamatan bencana alam .
- b. Militer.
- c. Perawatan kesehatan.
- d. Lingkungan akademik.
- e. Lingkungan industri atau korporasi.
- f. Jaringan rumahan.
- g. Jaringan sensor .

Karakteristik yang telah dijelaskan pula, menunjukkan tantangan dan hambatan dari jaringan MANET. Oleh karena itu, protokol *routing* berperan sangat penting dalam jaringan MANET. Protokol *routing* menentukan proses penentuan jalur pengiriman pesan dalam komunikasi adhoc. Hal tersebut berpengaruh pada laju pengiriman pesan (*Throughput*) dan sumber daya yang terpakai. Protokol *routing* juga berperan dalam tingkat kepekaan kondisi jaringan. Ketika topologi jaringan berubah karena node yang masuk atau keluar, protokol *routing* berperan dalam memberitahukan dan menyesuaikan semua node dengan kondisi jaringan yang ada.

2.1.2 Protokol Routing

Protokol *routing* adalah serangkaian kerangka kerja dalam komunikasi adhoc yang mengatur mulai dari proses pengiriman pesan mulai, mekanisme pembaruan tabel rute (*routing table*), serta penggunaan sumber daya. Protokol *routing* jaringan MANET dibagi menjadi 3 klasifikasi besar, antara lain :

a. Proaktif

Pada protokol *routing* proaktif , tabel *routing* (tabel berisi jumlah node dan rute node) diperbarui secara periodik. Hal tersebut mengakibatkan proses pengiriman pesan pada protokol proaktif sangat cepat dan kecilnya *Control Message* pengiriman pesan. Beberapa contoh dari protokol proaktif antara lain :

- OLSR (*Optimized Link State Protocol*)

- B.A.T.M.A.N (*Better Approach To Mesh Adhoc Network*)
- DSDV (*Destination Sequentced Distance-Vector*)
- BABEL
- FSR (*Fisheye State Routing*)

b. Reaktif

Pada protokol *routing* proaktif, rute baru dicari jika ada permintaan (*request*) untuk mengirimkan pesan. Keuntungan dari protokol reaktif adalah hemat sumber daya dan efisien paket broadcast karena hanya dikirim ketika mencari rute. Beberapa contoh protokol *routing* reaktif antara lain :

- AODV (*Adhoc On Demand Distance Vector*)
- DSR (*Dynamic Source Routing*)
- DYMO (*Dinamic MANET On Demand*)

c. Hybrid

Prinsip kerja protokol *routing* hybrid adalah menggabungkan mekanisme protokol proaktif dan protokol reaktif. Untuk mencari rute, mekanisme protokol reaktif digunakan yakni sesuai permintaan (*request*). Sedangkan untuk mekanisme memperbarui dan mempertahankan rute yang sudah dibangun, digunakan mekanisme protokol proaktif yakni dengan secara periodik memastikan rute yang telah dibangun. Beberapa contoh protokol *routing* hybrid antara lain :

- ZRP (*Zone Routing Protocol*)
- HWMP (*Hybrid Wireless Mesh Protocol*)

2.1.3 Faktor Mobilitas pada jaringan MANET

Seperti halnya jaringan nirkabel pada umumnya, mobilitas dari host akan mempengaruhi konektifitas dari suatu sistem komunikasi. Jika suatu perangkat telekomunikasi yang terkoneksi dengan jaringan seluler, menjauhi tower pemancar telekomunikasi, maka sudah pasti level sinyal dan tingkat konektifitas akan menurun pada perangkat telekomunikasi tersebut.

Sama halnya pada jaringan MANET, yang mana node sangat bebas dalam bergerak. Arah pergerakan suatu node baik itu menjauhi ataupun mendekati node lain, akan mempengaruhi proses pengiriman pesan. Oleh

karena itu, sangat perlu melihat faktor mobilitas node pada jaringan MANET pada penelitian terkait jaringan MANET.

Pada penelitian jaringan MANET, dikenal beberapa model mobilitas yang biasa dipakai dalam penelitian antara lain :

- a. *RandomWayPoint*, dimana node akan bergerak dengan bebas ke segala arah tanpa terprediksi.
- b. Gauss-Markov.
- c. *Linear mobility*.
- d. *Mass Mobility*.
- e. *Disaster Area mobility*.
- f. *Turtle mobility*.

2.2 Protokol Routing B.A.T.M.A.N

Better Approach To Mesh Adhoc Network (B.A.T.M.A.N.) adalah salah satu protokol *routing* proaktif yang dikembangkan dari protokol *routing* OLSR. Prinsip kerja B.A.T.M.A.N. adalah dengan membuat protokol *routing* yang menggunakan informasi *routing* seminimum mungkin dengan mempertimbangkan node tetangga terbaik (*best next hop*).

Untuk menentukan node tetangga terbaik, pertama-tama node sumber mengirim paket OGM (*Originator Messages*) ke semua node tetangga untuk memberitahukan keberadaannya. Paket OGM setidaknya berisi alamat node sumber, nomor sekuens, dan TTL (*Time To Leave*). Besar paket OGM adalah 52 Byte. Paket OGM yang telah dikirim dari node sumber ke node tetangga, akan diteruskan ke node yang lain. Proses ini terjadi secara periodik. Setiap node akan menghitung dan mencatat paket OGM yang diterimanya, serta node mana yang menjadi pengirim paket OGM yang diterima tersebut. Jumlah paket OGM yang diterima oleh suatu node dari node yang telah menerima paket OGM node tersebut sebelumnya, menjadi dasar pertimbangan penentuan node tetangga terbaik (*best nexthop*)[4].

2.2.1 Format Paket OGM

Paket OGM (*Originator Message*) yang berperan sangat penting dalam protokol *routing* B.A.T.M.A.N., mengandung sejumlah data antara lain [5]:

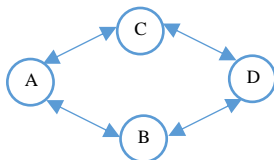
- a. *Originator Address* : Alamat IPv4 node

- b. *Sequence Number* : Nomor urut OGM yang dihasilkan
- c. *Gateway Flags* : Digunakan jika node tersambung ke internet
- d. *TTL* : *Time To Leave* membatasi hop pengiriman OGM
- e. *Version* : Untuk membedakan paket versi B.A.T.M.A.N yang diterima. Jika berbeda versi B.A.T.M.A.N. maka akan didrop.
- f. *Direct-Link flag* : Untuk menunjukkan apakah node merupakan node tetangga atau bukan
- g. *Unidirectional Flag*: Untuk menunjukkan apakah node tetangga merupakan node bidirectional.

2.2.2 Cara kerja B.A.T.M.A.N

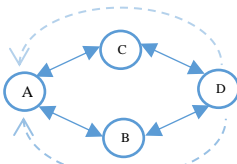
Berikut adalah cara kerja protokol *routing* B.A.T.M.A.N. dengan mengilustrasikan 4 node.

- a. Pada topologi seperti gambar di bawah, terlihat bahwa node A memiliki node tetangga yakni node B dan node C. Node tetangga B dan C ini akan menjadi node dimana node A mengirim dan menerima paket OGM.



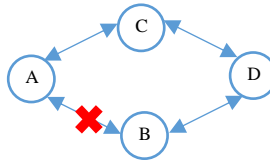
Gambar 2.3 Ilustrasi 4 node terhubung secara adhoc.

- b. Jika koneksi antar node pada topologi seperti gambar di bawah tidak terputus/rusak, maka node A akan mendapatkan paket OGM milik D melalui node B dan node C. Untuk kondisi yang demikian, maka node A bebas memilih node mana yang akan dijadikan node tetangga terbaik (best nexthop) berdasarkan nomor sekuens yang terdapat di paket OGM.



Gambar 2.4 Paket OGM dari node D diterima oleh node A melalui B dan C.

- c. Jika koneksi antara node A dan node B terputus seperti ilustrasi 2., maka node C adalah node tetangga terbaik (*best nexthop*) untuk node A. Hal ini berarti node A akan selalu mengirim paket menuju node D melalui node C.



Gambar 2.5 Koneksi antara node A dan B terputus, rusak, atau tidak stabil.

Kelebihan dari protokol B.A.T.M.A.N. dibanding dengan protokol proaktif lainnya adalah node tidak perlu mengetahui seluruh informasi *routing* dari jaringan MANET. Jika suatu node ingin mengirimkan pesan, cukup dengan mengirimkan paket tersebut ke node tetangga yang telah dipilih menjadi *best nexthop*. Setelah itu, paket tersebut akan dikirim ke node tetangga lainnya yang juga merupakan *best nexthop*, begitu seterusnya hingga sampai ke node tujuan. Berbeda dengan protokol *routing* proaktif yang lainnya, seperti halnya OLSR, yang mana setiap node harus mengetahui topologi jaringan dan informasi semua *routing* setiap saat.

2.3 Protokol Routing AODV

Adhoc On Demand Distance-Vector Routing atau disingkat AODV adalah salah satu protokol *routing* yang bersifat reaktif. Pada AODV, pencarian rute (*routing*) hanya dilakukan jika terdapat permintaan, dalam hal ini permintaan untuk pengiriman pesan. Selain itu, AODV menerapkan algoritma *Distance-Vector*, yakni hanya menyimpan informasi tentang hop berikutnya ke tetangga terdekat dan panjang jalur ke semua tujuan yang diketahui.

2.3.1 Format Paket AODV

Terdapat beberapa paket yang terlibat dalam protokol *routing* AODV. Paket pada protokol *routing* AODV antara lain[6]:

- a. *Route Request* (RREQ)

RREQ dikirim secara *broadcast* ke seluruh node di dalam jaringan. Isi paket RREQ adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Isi paket RREQ

Source Address	Request ID	Source Sequence Number	Destination Address	Dest. Sequence Number	Hop Count
----------------	------------	------------------------	---------------------	-----------------------	-----------

Angka yang tertera pada Request ID akan bertambah seiring paket RREQ baru diproduksi. Jika sebuah node menerima RREQ dengan source address yang sama ataupun Request ID yang sama, maka node tersebut akan mengabaikan paket tersebut dan membuangnya.

b. *Route Replay* (RREP)

Jika node yang mendapat RREQ adalah node tujuan yang sebenarnya, maka node tersebut akan mengirim paket RREP kembali ke node pengirim. Paket RREP bisa sampai ke node pengirim menggunakan *cache* pesan yang muncul selama RREQ diteruskan oleh node-node lain sampai ke tujuan.

c. *Route Error* (RERR)

Jika ada node yang hilang atau tidak terdeteksi oleh node tetangga nya, maka node tetangga tersebut akan mengirim paket RERR untuk memberitahukan node lain bahwa adanya node yang hilang. Sehingga jalur koneksi dengan node tersebut dianggap rusak.

d. *Hello Message*

Setiap node dapat mengetahui kondisi dari node tetangga nya. Jika sebuah node menerima Hello Message, maka node tersebut akan memperbarui informasi di tabel *routing* dan menyatakan bahwa pengirim hello message adalah node aktif. Node aktif berarti koneksi dengan node tersebut juga aktif (tidak rusak). Hello message dikirim secara periodik dalam selang waktu tertentu (hello interval).

2.3.2 Proses *Routing* AODV

Proses *routing* pada protokol AODV dibagi menjadi beberapa bagian yakni pencarian jalur (), pengingat jalur,

a. *Route Discovery*

Pencarian rute (*route discovery*) dilakukan jika ada node yang ingin mengirimkan pesan ke node lain. Proses ini dimulai dengan pengiriman

paket RREQ ke semua node ke jaringan hingga paket RREQ diterima oleh tujuan.

b. Reverse Path Setup.

Ketika RREQ diterima node yang bukan tujuan, maka node tersebut akan meneruskan paket tersebut ke node lain. Selain meneruskan paket RREQ, node tersebut juga akan mencatat *reverse path* yang merupakan jalur asal paket RREQ yang diterima node tersebut. Ketika node tujuan telah ditemukan, maka paket RREP akan sampai ke node sumber melalui kumpulan *reverse path* tersebut.

c. Route Maintenance dan Link Breakage

Dikarenakan pada jaringan MANET node bebas bergerak, maka node bisa saja keluar dari jaringan. Hal tersebut mengakibatkan jalur/koneksi terputus atau yang disebut *link breakage*. Cara mengetahui bahwa ada *link breakage* adalah jika suatu node tidak menerima HELLO MESSAGE dalam interval tertentu (hello interval). *Route maintenance* pada AODV juga menggunakan HELLO MESSAGE.

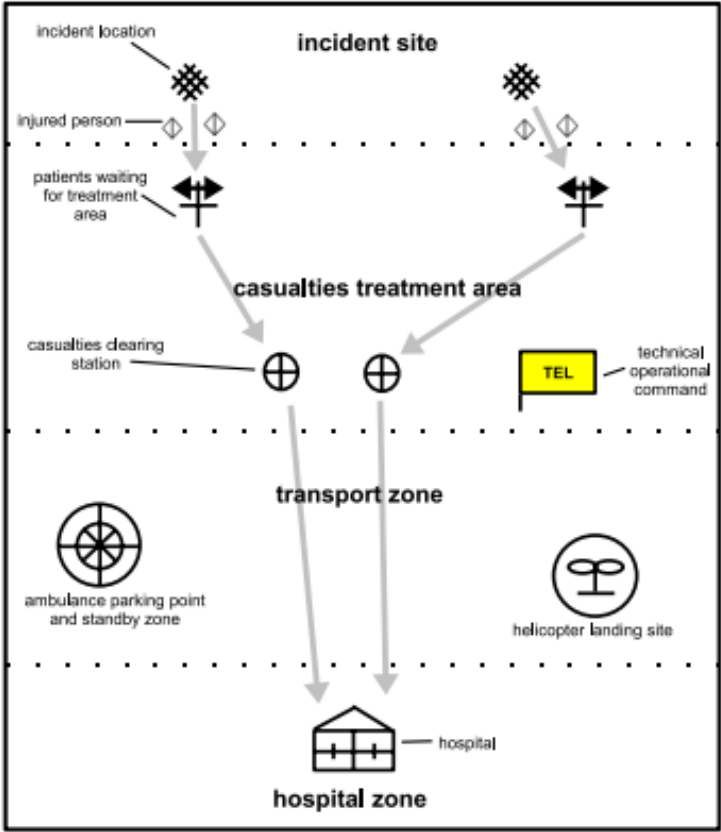
2.4 Mobilitas Disaster Area

Pada kondisi bencana alam, yang sangat membutuhkan komunikasi yang handal adalah para petugas penyelamat (*rescue team*) mulai dari TNI, paramedis, petugas medis, tim SAR, pemadam kebakaran, dll. Para petugas penyelamat tersebut memiliki pergerakan yang berbeda-beda sesuai tugas (*role*) masing-masing. Dalam jaringan MANET, pergerakan node diwakili oleh pergerakan petugas yang menggunakan *device* komunikasi. Model pergerakan pada bencana alam, diambil dari penelitian yang dilakukan oleh Nils Aschenbruck [7]. Dari penelitian tersebut, diusulkan sebuah metode untuk mensimulasikan pergerakan node pada jaringan MANET ketika terjadi bencana alam dan proses penyelamatannya. Model pergerakan yang kemudian disebut DisasterArea atau disingkat DA ini, kemudian diteliti oleh banyak peneliti.

2.4.1 Separation of the Room

Konsep dari model DA adalah membagi dan mengklasifikasikan tempat kejadian bencana menjadi beberapa *room*. Konsep ini juga biasa disebut dengan konsep *separation of the room*. *Room* adalah bagian dari tempat kejadian bencana alam, yang dibedakan sesuai karakteristik dan

fungsi masing-masing tempat. Pada setiap *room* terdapat tim penyelamat yang melakukan tugas penyelamatan masing-masing. Dalam model DA, *room* dibagi menjadi *Incident Location (IL)*, *Patients Waiting for Treatment Area (PWFTA)*, *Casualties Clearing Stations (CCS)*, *Technical Operation Command (TOC)*, dan *Ambulance Parking Point (APP)*. Konsep *room* pada model DA dideskripsikan oleh gambar 2.4.



Gambar 2.6 Konsep *separation of the room* pada model mobilitas DA

Pada Gambar 2.6, terdapat gambar anak panah. Gambar tersebut melambangkan pergerakan dari node. Pergerakan node pada model mobilitas *Disaster Area* merupakan pergerakan tim penyelamat dalam melakukan penyelamatan korban bencana alam..

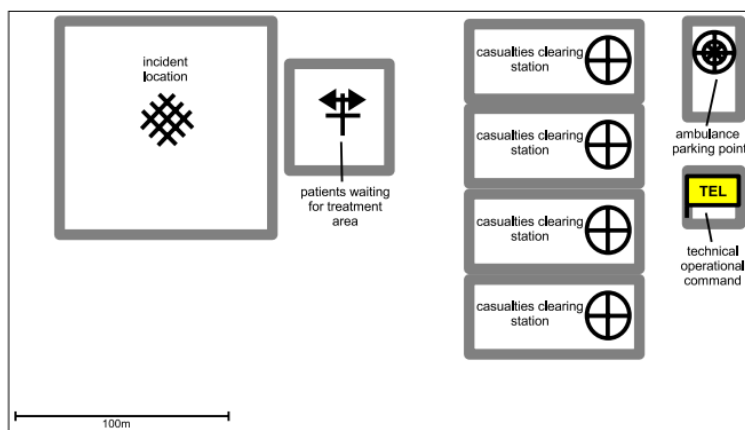
Tabel 2.2 Penjelasan Fungsi Tiap *Room*

Nama <i>Room</i>	Kode	Penjelasan
Incident Location	IL	Lokasi terjadinya kerusakan yang parah atau cukup tinggi, dimana terdapat korban jiwa dari bencana alam untuk dievakuasi. Tim penyelamat : TNI, SAR
Patients Wating For Treatment Area	PWFTA	Korban yang ditemukan dari IL, akan dievakuasi ke PWFTA untuk mendapatkan tempat yang lebih aman dan mendapatkan penanganan pertama. Tim penyelamat : Petugas paramedis,
Causalties Clearing Station	CCS	Korban dari PWFTA dibawa CCS untuk diberikan pertolongan lebih lanjut. Tim penyelamat : Dokter, relawan kesehatan, perawat.
Ambulance Parking Point	APP	Korban yang perlu penanganan khusus di Rumah sakit akan dibawa ke rumah sakit dengan ambulance yang berada di APP. Tim penyelamat : Perawat, <i>driver</i> ambulance
Technical Operation Center	TOC	Pusat koordinasi dari semua <i>room</i> dan semua node Tim penyelamat : Kepala Daerah setempat, Kepala tim penyelamat.

Dari tabel 2.2. dan penjelasan tentang model mobilitas DA, disimpulkan bahwa maksud pergerakan dari model DA adalah pergerakan

dari tim penyelamat ketika bencana alam terjadi. Tim penyelamat terdiri dari tim evakuator korban, para petugas kesehatan baik paramedik dan tenaga medis, petugas keamanan, dan semua pihak yang terlibat langsung pada lokasi bencana alam tersebut.

Pada gambar 2.5 berikut, adalah contoh model mobilitas DA untuk bencana alam yang terjadi di Jerman pada tahun 2005. Bencana tersebut dimodelkan dengan luas area bencana sebesar 350m x 200m. Korban luka tercatat sebanyak 250 orang. Tim penyelamat yang terlibat dalam bencana alam tersebut berjumlah total 955 unit (terdiri dari paramedic, petugas kebakaran, dll) ditambah 279 kendaraan untuk penyelamatan.



Gambar 2.7 Contoh model *separation of the room* diambil dari [4].

2.4.2 Tipe Node dan Pergerakan

Dari seluruh jumlah petugas penyelamatan yakni 955 unit, dibuat kisaran 150 unit penyelamat menggunakan perangkat komunikasi adhoc (yang selanjutnya kita menyebut dengan 150 node). Node bergerak dengan kecepatan yang berbeda-beda. Secara umum, kecepatan pergerakan node dibedakan menjadi 2 yakni node statis dan node transport. Node statis bergerak dengan kecepatan 1-2m/s. Node statis merepresentasikan petugas paramedic, petugas medis, tim pemantau, dan petugas lain yang tidak menggunakan kendaraan dalam proses penyelamatan. Pergerakan node statis dimodelkan bergerak secara random pada lokasi *room*. Sedangkan node transport merepresentasikan

petugas yang menggunakan kendaraan dalam proses penyelamatan seperti halnya petugas ambulance. Node transport bergerak dengan kecepatan 5-12 m/s . Pergerakan node transport adalah bergerak dari satu *room* ke *room* lain. Setiap *room* memiliki jumlah node statis dan dinamis sesuai kebutuhan ketika bencana alam.

Adapun uraian rinci dari pembagian petugas penyelamat yang menggunakan perangkat komunikasi adhoc sesuai dengan kondisi pada gambar 2.7 akan dijelaskan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Uraian jumlah node pada model DA gambar 2.5

Nama <i>Room</i>	Jumlah total node	Jumlah node transport
IL	15	15
PWFTA	39	37
CCS	60 (15x4)	0
APP	30	28
TOC	6	0
TOTAL	150	80

2.4.3 Bonnmotion

Bonnmotion adalah perangkat lunak berbasis JAVA yang digunakan untuk membuat dan menganalisa skenario pergerakan node pada jaringan adhoc. Perangkat lunak ini diciptakan sebagai tindak lanjut dari model mobilitas DA yang dibuat oleh tim peneliti asal Jerman, Nils Ashcenbruk, dkk, serta dukungan dari berbagai pihak seperti halnya German Federal Ministry of Education and Research (BMBF), Cooperating Objects Network of Excellence (CONET), University of Bonn Germany, European Commission, dll.

Aplikasi Bonnmotion mendukung berbagai jenis model mobilitas yang bisa dibuat antara lain :

- a. Model *Random Waypoint*
- b. Model *Random Walk*
- c. Model Gauss-Markov
- d. Model *Manhattan Grid*
- e. Model *Disaster Area*
- f. Model *Random Street*
- g. Dll

Luaran dari aplikasi Bonnmotion adalah berupa file yang berisikan informasi pergerakan node dalam waktu dan koordinat 2D/3D. File tersebut dapat digunakan oada beberapa perangkat lunak simulasi jaringan adhoc seperti halnya NS-2 (network simulator 2), NS-3, OMNET++, Glomo, ONE Simulator, COOJA, MIXIM.

2.4.4 Susunan kode *Disaster Area* (DA)

Untuk membuat skenario DA menggunakan Bonnmotion, terdapat parameter-parameter yang harus dipertimbangkan. Parameter tersebut sejatinya akan membentuk kondisi bencana alam yang telah dibuat skenario sebelumnya. Parameter tersebut dituangkan dalam *script code* yang berbeda-beda. Rincian *script code* dari parameter model DA antara lain :

Tabel 2.4 Kode dalam bonnmotion untuk membuat skenario DA

Kode	Fungsi
Bm -f 50 DisasterArea	Membuat skenario tipe “DisasterArea” dengan nama file “50”
-n	Jumlah node
-x	Luas maksimum X
-y	Luas maksimum Y
-e	Total maksimal lokasi <i>room</i>
-d	Durasi skenario
-b	Rincian lokasi <i>room</i> dalam koordinat 4 titik dan 2 titik pintu masuk-keluar
-o	Lokasi <i>obstacle</i> dalam koordinat 4 titik

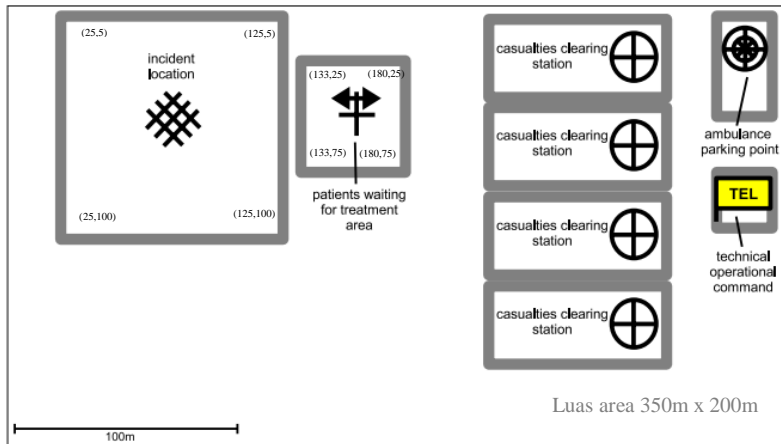
Berikut adalah contoh dari *script code* untuk membentuk skenario DA seperti gambar 2.7. Kondisi bencana alam yang dibuat dari *script code* tersebut digambarkan pada Gambar 2.8. Pada gambar tersebut telah didefinisikan setiap *room* serta koordinat masing-masing berupa 12 angka setelah huruf “-b”.


```

bm -f DA DisasterArea -n 150 -x 350 -y 200 -p 20 -a 1 -g 140 -r 3 -q 3 -d 3000 -e 8 -i 5000 -j 1 -b
320,75,345,75,345,100,320,100,330,75,330,76,3,6,0 -b 220,5,300,5,300,40,220,40,220,20,310,20,2,15,0 -b
220,46,300,46,300,80,220,80,220,60,310,60,2,15,0 -b 220,86,300,86,300,120,220,120,220,100,310,100,2,15,0 -b
220,126,300,126,300,160,220,160,220,140,310,140,2,15,0 -b 133,25,180,25,180,75,133,75,133,50,180,50,1,39,37 -b
25,5,125,5,125,100,25,100,25,50,125,50,0,15,15 -b 320,5,345,5,345,50,320,50,5,0,345,0,325,5,325,50,4,30,28 -o
25,150,100,150,100,200,25,200 -K -R 23

```

Gambar 2.8 Script code untuk membuat pergerakan bencana alam.



Gambar 2.9 Ilustrasi skenario DA hasil dari script code

2.5 Simulator OMNET++

OMNeT++, singkatan dari *Objective Modular Network Testbed in C++*, adalah simulator kejadian diskrit yang dikembangkan oleh Andras Varga, dari Technical University of Budapest, Department of Telecommunications (BME-HIT). Umumnya OMNeT++ digunakan hanya untuk lingkungan akademik, khususnya untuk penelitian terkait jaringan wireless.

OMNeT++ bersifat modular dan *extensible* yang artinya untuk membentuk simulasi, diperlukan modul-modul yang mempunyai fungsi yang berbeda-beda. Modul-modul tersebut bisa dibuat dengan menuliskan program secara manual, ataupun dengan mengimpor modul yang sudah ada. Adapun modul untuk mensimulasikan jaringan MANET,

para peneliti dan kalangan akademis, biasa menggunakan modul INETMANET. Modul INETMANET sudah mencakup submodule protokol *routing*, TCP, UDP, model mobilitas, perangkat jaringan, dll. Protokol *routing* yang ada pada INETMANET seperti halnya AODV, DYMO, OLSR, dan B.A.T.M.A.N.

OMNET++ memiliki keunggulan pada fitur dan visualisasi dibandingkan dengan simulator jaringan yang lain. Adapun fitur dan komponen OMNET++ antara lain :

a. NED (*network description*)

NED digunakan untuk membuat skema topologi jaringan. Hal-hal yang terkandung dalam NED adalah nama jaringan, perangkat komunikasi dalam jaringan tersebut, koneksi antar perangkat, dan konfigurasi *environment* jaringan seperti cuaca, *routing* table, dll.

b. GUI untuk visualisasi simulasi berbasis tkenv

c. *Command Line User Interface* berbasis Cmdenv

d. *Documentation* berupa log dari kejadian selama simulasi.

2.5.1 Fungsi OMNeT++

OMNeT++ dapat mensimulasikan komunikasi berbasis *wireless* maupun *wired*. Objek utama yang dianalisa adalah node dan *event*. Hal ini dikarenakan sifat OMNeT++ yang merupakan *discrete event* dan objektif. Pada umumnya, OMNeT++ digunakan untuk menyelesaikan masalah pada domain sebagai berikut:

a. Memodelkan jaringan *wired* maupun *wireless*

b. Memodelkan protokol

c. Memodelkan jaringan antrian

d. Memodelkan multiprosesor dan sistem perangkat keras terdistribusi

e. Mengevaluasi aspek performansi pada sistem perangkat lunak kompleks.

2.5.2 Pengkonfigurasi Parameter

Untuk menggunakan OMNeT++, ada beberapa hal yang harus dikonfigurasi. Hal-hal yang dikonfigurasi menentukan simulasi yang akan dijalankan. Pada umumnya, hal-hal yang dikonfigurasi pada OMNeT++ antara lain :

a. Jumlah node

- b. Waktu simulasi
- c. Daya Tx
- d. Sensitifitas Rx
- e. Jumlah Paket
- f. Panjang paket
- g. Interval pengiriman paket
- h. Protokol routing
- i. Jenis mobilitas node
- j. Kecepatan node
- k. Dll.

2.5.3 Metrik Performansi pada OMNeT++

Setelah simulasi dilakukan, pada OMNeT++ akan dihasilkan file hasil dengan format .sca. File tersebut berisi semua parameter kinerja yang dimiliki oleh setiap node. Parameter kinerja yang umum terdapat pada hasil simulasi OMNeT++ antara lain :

- a. *Lossrate*
- b. Total bit yang dikirim
- c. Total bit yang diterima
- d. Jumlah paket yang dikirim
- e. Jumlah paket yang diterima
- f. Rata-rata paket dikirim per detik
- g. Dll.

Namun demikian, ada beberapa metrik performa yang terlebih dahulu dikonfigurasi agar muncul pada hasil simulasi contohnya *throughput*. Untuk menambahkan metrik pada hasil simulasi, perlu ditambahkan *script code* pada konfigurasi simulasi. Oleh karena itu, diperlukan pemahaman yang mendalam tentang Bahasa C++ untuk menggunakan OMNeT++.

2.5.4 Mobilitas Disaster

Pada kondisi bencana alam yang berat, umumnya sangat membutuhkan komunikasi yang handal terutama untuk para petugas penyelamat (*rescue team*) mulai dari TNI, paramedis, petugas medis, tim SAR, pemadam kebakaran, dll. Para petugas tersebut biasanya memiliki pergerakan yang berbeda-beda sesuai tugas (*role*) masing-masing [8], sehingga berdampak pada mobilitas komunikasi (MANET) yang

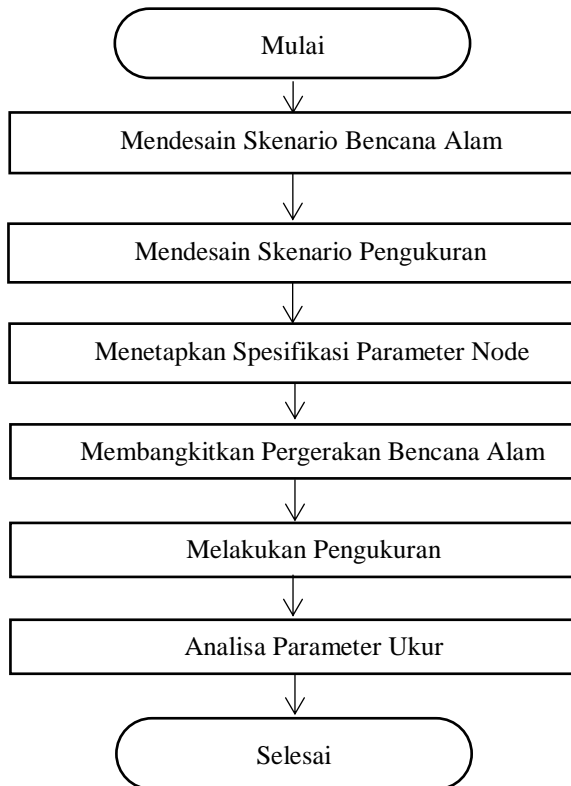
berubah-ubah. Perubahan tersebut membutuhkan akomodasi yang akurat agar koneksi tidak terputus selama digunakan, dan OMNeT++ menyediakan fitur untuk menangani situasi tersebut.

Untuk memodelkan kondisi pergerakan devais komunikasi di saat terjadi bencana, bisa digunakan *Disaster Area model* yang disediakan oleh *tools* Bonnmotion, yang dibuat oleh tim peneliti University of Bonn, Jerman. Bonnmotion tersebut bisa menghasilkan file output yang berisi data *record* dari pergerakan node (waktu vs posisi), yang selanjutnya bisa diinputkan ke dalam *script code* pada OMNeT++. Dengan kombinasi tersebut, maka akan diperoleh data informasi yang menghubungkan antara pergerakan node berikut data-data parameter kinerjanya.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini akan dilakukan dengan beberapa langkah yang akan dijelaskan oleh gambar *flowchart* sebagai berikut.



Gambar 3.1 *Flowchart* metodologi penelitian

3.1 Mendesain Skenario Bencana Alam

Penelitian ini dimulai dengan mendesain skenario bencana alam. Dalam mendesain skenario bencana alam, perlu sampel kasus bencana alam yang diacu. Sampel yang diacu berupa kejadian bencana alam baik gempa bumi, tanah longsor, gunung merapi, dan lainnya. Kemudian dari sampel tersebut, dibuat model *separation of the room* sesuai model yang dijelaskan pada subbab 2.4 yang mana merupakan model infrastruktur komunikasi ketika bencana alam.

3.1.1 Bencana Alam yang Diacu

Pada penelitian tugas akhir ini diambil model bencana alam gempa bumi tektonik yang terjadi pada tahun 2009 di Sumatera Barat. Gempa berkekuatan 7,6 SR ini mengakibatkan 390 orang meninggal, dan 2181 orang mengalami luka-luka. Akibat lain yang ditimbulkan gempa ini adalah rusaknya infrastruktur seperti ruas jalan terbelah serta terjadi kebakaran di sejumlah titik .



Gambar 3.2 Peta Kelurahan Berok Nipah (Sumber : Google Maps)

Pada tugas akhir ini, penulis mengambil sampel Kota Padang, khususnya kelurahan Berok Nipah, sebagai acuan luas daerah dalam simulasi jaringan MANET. Hal ini dikarenakan Kelurahan Berok Nipah termasuk daerah yang mengalami kerusakan cukup parah akibat gempa. Luas kelurahan Berok Nipah sebesar 0,31 Km², maka pada simulasi OMNET++ dapat dibuat luas daerah simulasi sebesar 600m x 520m.

Pada bencana alam Sumatera, berdasarkan data dari [9] terdapat total 289 unit petugas dan 9 kendaraan yang dikerahkan untuk melakukan

operasi penyelamatan. Adapun rincian dari petugas penyelamat bencana gempa Sumatera tahun 2009 dijelaskan pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

Tabel 3.1 Uraian jumlah petugas bencana alam Sumatera 2009

No	Klasifikasi Petugas	Jumlah
1	Tenaga medis	75
2	Petugas RHA	3
3	Paramedis	60
4	Tenaga kesehatan	5
5	Petugas lainnya	53
6	TNI	68
7	SAR	25
Jumlah		289

Tabel 3.2 Jumlah kendaraan penyelamatan bencana Sumatera 2009

No	Jenis Kendaraan	Jumlah
1	Mobil operasional	3
2	Ambulans	5
3	Mobil klinik	1
4	Rescue truck	1
5	Rescue Car	2
Jumlah		1

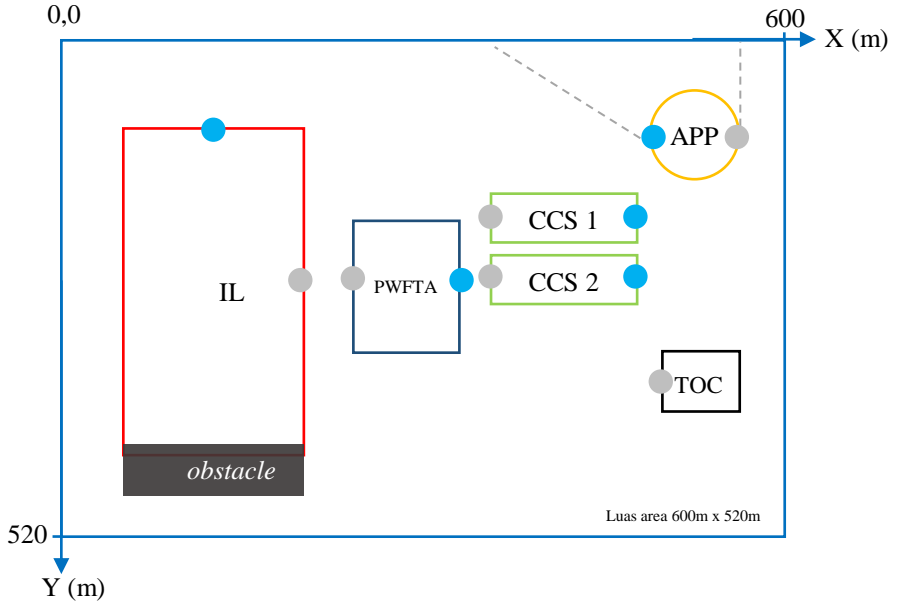
Selain itu, BNPB memberikan bantuan lainnya berupa tenda pleton 20 unit, tenda keluarga 30 unit, tenda gulung 1000 unit, genset 10 unit, kelambu 4600 lembar, selimut 5000 lembar, tikar 5000 lembar, kids ware 100 paket, peralatan dapur 100 paket, serta sandang 100 paket. Adapun rincian semua bantuan terdapat pada [7].

3.1.2 Model Infrastruktur Komunikasi ketika Bencana Alam

Setelah mengetahui luasan daerah bencana dan jumlah petugas yang terlibat, kemudian dibuat model infrastruktur komunikasi ketika bencana alam. Model ini mengacu pada model *separation of the room* yang telah dijelaskan pada subbab 2.4.1.

Dari data pada subbab 3.1.1, terdapat 1 *incident location* (IL), 1 *patients waiting for treatment area* (PWFTA) berupa tenda pleton, 2 *casualties clearing stations* (CCS) berupa tenda keluarga dan tenda

gulung, 1 *technical operation command* (TOC) tenda gulung yang diisi oleh petugas RHA, dan 1 *ambulance parking point* (APP). Model ini dijabarkan pada Gambar 3.3



Gambar 3.3 Desain skenario bencana

Pada gambar 3.3 terdapat bulatan kecil berwarna abu-abu dan biru. Bentuk bulat tersebut melambangkan pintu masuk dan pintu keluar dari masing-masing *room*. Hal ini dikarenakan pergerakan petugas harus berjalan taktis dan terstruktur.

- : Pintu masuk petugas penyelamat
- : Pintu keluar petugas penyelamat

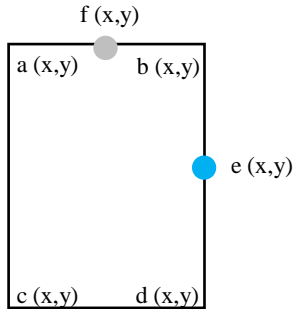
Kemudian setiap *room* dan pintu masuk-keluar didefinisikan dengan menggunakan titik-titik koordinat. Pendefinisian titik koordinat tiap *room* dan pintu masuk-keluar mengacu pada subbab 2.4.3. tentang cara membangkitkan pergerakan bencana alam menggunakan *Bonnmotion tools*. Bencana alam pada penelitian kali ini didesain seperti pada Gambar

3.3. Adapun rincian koordinat dari masing-masing *room* beserta pintu masuk-keluar dijelaskan melalui Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Koordinat lokasi tiap-tiap *room*

Nama Room	Kode	Koordinat Lokasi (a) ; (b) (c) ; (d)	Koordinat Masuk-Keluar (e) ; (f)
<i>Incident Location</i>	IL	(25, 5) ; (125, 5) (125, 100) ; (25, 100)	(25, 50) ; (125, 50)
<i>Patients Waiting For Treatment Area</i>	PWFTA	(133, 25) ; (180, 25) (180, 75) ; (133, 75)	(133,50) ; (180,50)
<i>Casualties Clearing Station</i>	CCS 1	(220, 86) ; (300, 86) (300, 120) ; (220, 120)	(220,100); (310,100)
<i>Casualties Clearing Station</i>	CCS 2	(220, 126) ; (300, 126) (300, 160) ; (220, 160)	(220,140); (310,140)
<i>Technical Operation Command</i>	TOC	(320, 75) ; (345, 75) (345, 100) ; (320, 100)	(330,75) ; (330,76)
<i>Ambulance Parking Point</i>	APP	(320, 5) ; (345, 5) (345, 50) ; (320,50)	(325,5) ; (325,50)

Mengacu pada model mobilitas *disaster area* pada subbab 2.4, setiap *room* diasumsikan berbentuk persegi. Setiap sudut pada persegi didefinisikan dengan titik koordinat x dan y. Adapun susunan titik koordinat pada masing-masing *room* dimulai dari kiri atas (a), kanan atas (b), kanan bawah (c), dan kiri bawah (d). Sedangkan koordinat pintu masuk dan keluar dibuat pula dengan notasi (e) dan (f). Untuk lebih jelasnya akan dijelaskan dengan Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Susunan penulisan koordinat setiap *room*

Setiap *room* akan diisi oleh petugas penyelamat sesuai data pada Tabel 3.1. Adapun petugas penyelamat yang bekerja pada setiap *room* dijelaskan dengan Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Pembagian peran petugas pada skenario bencana alam

Nama Room	Kode	Petugas
<i>Incident Location</i>	IL	TNI
<i>Patients Waiting For Treatment Area</i>	PWFTA	Paramedis, SAR
<i>Casualties Clearing Station</i>	CCS 1	Petugas Medis, Petugas Kesehatan
<i>Casualties Clearing Station</i>	CCS 2	Petugas Medis, Tenaga Kesehatan
<i>Technical Operation Command</i>	TOC	Petugas RHA
<i>Ambulance Parking Point</i>	APP	SAR

3.2 Mendesain Skenario Pengukuran

Pada penelitian ini akan dilihat efek dari perubahan jumlah node, yang mewakili *device* komunikasi yang digunakan oleh tiap-tiap petugas. Jumlah node semakin banyak akan mempengaruhi kinerja dari protokol *routing*. Jumlah node juga menentukan apakah protokol *routing* memiliki skalabilitas yang baik. Skalabilitas adalah kemampuan *routing* protokol untuk tetap bekerja dengan performansi yang baik ketika terjadi perubahan pada jumlah node ataupun pergerakan node. Skalabilitas juga

dapat disebut sebagai kemampuan protokol *routing* untuk beradaptasi pada kondisi jaringan.

3.2.1 Pembagian Jumlah Node Pada Setiap Room

Pada penelitian kali ini, skenario jumlah pertambahan node yakni mulai dari 10 node, 20, 30, hingga 40 node. Masing-masing skenario akan dijabarkan jumlah node setiap *room* baik node keseluruhan hingga node transport. Adapun penentuan jumlah node pada masing-masing *room* dilakukan dengan mengacu pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 dengan mengasumsikan jumlah node pada tiap *room*. Rincian tersebut akan dijabarkan pada Tabel 3.5 hingga Tabel 3.8.

Tabel 3.5 Rincian jumlah dan karakteristik node pada skenario 10 node

Jumlah Node	Room	Node Keseluruhan	Node Transport
10 Node	IL	2	2
	PWFTA	2	1
	CCS1	1	0
	CCS2	1	0
	TOC	2	0
	APP	2	1
Jumlah		10	4

Tabel 3.6 Rincian jumlah dan karakteristik node pada skenario 20 node

Jumlah Node	Room	Node Keseluruhan	Node Transport
20 Node	IL	6	6
	PWFTA	5	3
	CCS1	1	0
	CCS2	1	0
	TOC	2	0
	APP	5	3
Jumlah		20	12

Tabel 3.7 Rincian jumlah dan karakteristik node pada skenario 30 node

Jumlah Node	Room	Node Keseluruhan	Node Transport
30 Node	IL	10	10
	PWFTA	7	5
	CCS1	3	0
	CCS2	3	0
	TOC	2	0
	APP	5	3
Jumlah		30	18

Tabel 3.8 Rincian jumlah dan karakteristik node pada skenario 40 node

Jumlah Node	Room	Node Keseluruhan	Node Transport
40 Node	IL	15	15
	PWFTA	10	8
	CCS1	4	0
	CCS2	4	0
	TOC	2	0
	APP	5	3
Jumlah		40	26

Jumlah node untuk setiap skenario seperti pada Tabel 3.5 hingga Tabel 3.8 diambil dengan melakukan asumsi seperti halnya yang dilakukan oleh. Namun, dari referensi tersebut, ada beberapa ketentuan yang harus dilakukan dalam menentukan jumlah node pada setiap *room* antara lain :

1. Semua node pada IL adalah node transport.
2. Tidak ada node transport pada CCS.

Dari Tabel 3.5 hingga Tabel 3.8, dapat dibuat rincian secara keseluruhan skenario jumlah node dan node transport yang dijelaskan pada Tabel 3.9. Setiap skenario penambahan jumlah node, rasio antara jumlah node transport dan keseluruhan node adalah 0.6.

Tabel 3.9 Rincian Keseluruhan Skenario Jumlah Node dan Node Transport

Jumlah Node	Jumlah Node Transport
10 Node	4
20 Node	12
30 Node	18
40 Node	26

3.2.2 Protokol Routing yang Digunakan

Pada penelitian ini, protokol routing yang akan digunakan untuk diuji performansinya adalah protokol B.A.T.M.A.N. dan protokol AODV. Adapun sebabnya dipilih kedua protokol routing tersebut, telah dijelaskan sebelumnya pada bab 1.

Tabel 3.10 Protokol Routing yang Digunakan pada Skenario

Protokol <i>Routing</i>		Jumlah Node			
DA	B.A.T.M.A.N	10	20	30	40
	AODV	10	20	30	40

3.3 Spesifikasi Parameter Node

Pada penelitian ini , digunakan beberapa parameter yang bersifat tetap yang diterapkan pada node untuk masing-masing protokol B.A.T.M.A.N. maupun AODV.

Tabel 3.11 Spesifikasi Teknis Node

No.	Parameter	Nilai	Satuan
1	Luas Area Jaringan	600x 520	m ²
2	Protokol MAC	802.11g	-
3	Bitrate	54	Mbps
4	Waktu Simulasi	300s	Sekon
5	Traffic Source	UDP	
6	Message Size	512	Bytes
7	Jumlah Paket	10	<i>packet/s</i>
8	Power Tx	2	mW
9	Sensitifitas Rx	-90	dBm
10	Kecepatan <i>Mobility</i>	1-2 (orang), 5-12 (kendaraan)	m/s

Konfigurasi ini akan diterapkan pada file *omnet.ini*, yang merupakan dasar dari simulasi pada OMNET++. Sedangkan paket UDP dipilih karena pada penelitian ini, kondisi diperkirakan ideal. Dengan menggunakan paket UDP, maka pesan akan dipastikan sampai pada tujuan. Dan untuk kecepatan mobilitas dari orang dan kendaraan, disesuaikan dengan model disaster area Nils Aschenbruk. Seluruh konfigurasi spesifikasi pada Tabel 3.11 dilampirkan pada Lampiran A.

3.4 Membangkitkan Pergerakan Node

Pada tahap ini dirancang *script* untuk membangkitkan pergerakan node ketika bencana alam terjadi. Adapun *script* dari disaster mobility pada penelitian kali ini dilampirkan pada lampiran B.

Script dijalankan melalui Java Compiler yang kemudian akan dihasilkan sebuah file dengan format *.movement* yang berisi tentang pergerakan tiap node berdasarkan urutan waktu simulasi, lokasi x, dan lokasi y.

3.5 Melakukan Pengukuran

Pengukuran akan dilakukan menggunakan simulator OMNET++. Sebelum pengukuran, terlebih dahulu dijalankan simulasi sesuai parameter yang telah ditetapkan sebelumnya. Pada simulator OMNET++, telah tersedia fasilitas Tkenv yang berfungsi untuk memvisualisasikan simulasi. Adapun tahap dalam melakukan pengukuran dibagi menjadi 3 yakni *Setup* Simulasi, *Running* Simulasi, dan Analisa Hasil Simulasi.

3.5.1 Setup

Pada tahapan ini, semua konfigurasi mulai dari tabel Tabel 3.3 hingga Tabel 3.11 dituliskan dalam bentuk program pada OMNET++. Adapun hal-hal yang dikonfigurasi antara lain :

- a. Jumlah node
- b. Protokol routing yang digunakan
- c. Parameter teknis node
- d. Waktu Simulasi
- e. Model pergerakan node
- f. Dll.

```

omnetpp.ini AODV-20-BIASA.anf
##### SKENARIO - INDESS #####
[Config AODV-10-BIASA]
**.wlan*.radio.transmitterPower=2.0mW
**.wlan*.radio.sensitivity=-90dBm
**.wlan*.radio.berTableFile="per_table_80211g_Trivellato.dat"

**routingProtocol="AODVUU"
**host*.mobilityType = "RandomWaypointMobility"
**fixhost[*].mobilityType = "RandomWaypointMobility"
**drawCoverage=true
**constraintAreaMinX = 0m
**constraintAreaMinY = 0m
**constraintAreaMinZ = 0m
**constraintAreaMaxX = 600m
**constraintAreaMaxY = 520m
**constraintAreaMaxZ = 0m
*.numFixHosts = 1
*.numHosts = 9
**mobility.speed = 5mps
**mobility.waitTime = 2s

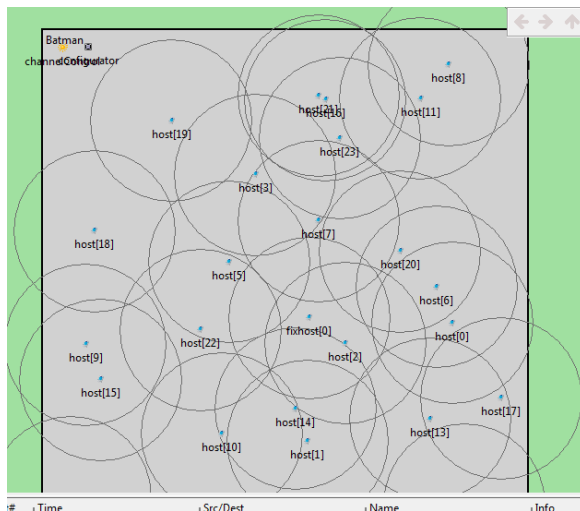
[Config AODV-20-BIASA]
**routingProtocol="AODVUU"
**host*.mobilityType = "RandomWaypointMobility"

```

Gambar 3.5 Setup konfigurasi simulasi

3.5.2 Running

Setelah semua dikonfigurasi, kemudian simulasi dijalankan. Simulasi dilakukan masing-masing 3x setiap skenario mulai dari 10 node, 20 node, hingga 40 node. Hal ini dilakukan agar data yang ditampilkan menunjukkan hasil yang presisi dari beberapa percobaan.



Gambar 3.6 Tkenv pada simulator OMNET++

Pada OMNET++, simulasi dijalankan berbasis tkenv seperti pada Gambar 3.6. Hal ini merupakan keunggulan dari OMNET++ yang mana dapat memvisualisasikan simulasi berupa node beserta pergerakannya. Bahkan terlihat pada gambar, *coverage area* dari tiap-tiap node dapat terlihat jelas.

3.5.3 Analisa Hasil Simulasi

Setelah simulasi dilakukan, pada OMNET++ akan dihasilkan file hasil dengan format .sca. File tersebut berisi semua parameter kinerja yang dimiliki oleh setiap node. Adapun contoh file hasil simulasi digambarkan pada Gambar 3.7.

The image shows the OMNET++ 'Browse Data' window. At the top, there's a toolbar with icons for file operations and a 'Quick Access' search bar. Below the toolbar, the window title is 'omnetpp.ini' and the active file is 'AODV-20-BIASA-0-20180104-0015-15-6120'. The main area is titled 'Browse Data' and contains a message: 'Here you can see all data that come from the files specified in the Inputs page.' Below this message are four tabs: 'All (1528 / 1528)', 'Vectors (314 / 314)', 'Scalars (1192 / 1192)', and 'Histograms (22 / 22)'. The 'Scalars' tab is selected. The main table displays simulation data with columns: 'Folder', 'File', 'Config name', 'Run number', 'Run id', 'Module', 'Name', and 'Value'. The table lists various statistics for different modules, including packet counts, loss rates, and histogram data. The bottom of the window has a status bar with icons for 'Problems', 'Module Hierarchy', 'NED Parameters', 'NED Inheritance', 'Console', 'Progress', and 'Event Log'. The status bar also displays 'No NED element or INI file entry selected.' and the system clock shows '10:25 AM'.

Gambar 3.7 Contoh File Rekap Hasil Simulasi

3.6 Analisa Parameter Ukur

Pada penelitian ini, ada 3 metrik yang akan diukur baik pada protokol routing B.A.T.M.A.N. maupun AODV , yaitu *Throughput*, *Control Message*, dan *Packet Delivery Ratio* (PDR).

1. *Throughput*

Throughput adalah total paket data yang diterima dengan sukses dibagi waktu pengiriman data. Pada umumnya *Throughput* merepresentasikan kecepatan pengiriman data dari suatu sistem komunikasi [10].

$$T = \frac{S}{D} \quad (3.1)$$

Dengan penjelasan sebagai berikut :

T : *Throughput* (bit/s)

S : Rata-rata ukuran paket yang diterima (bit)

D : *Delay* (s)

Adapun nilai *Delay* penelitian kali ini disamakan dengan waktu simulasi yakni 300s. Sedangkan ukuran paket dibuat dalam bentuk bit. Nilai throughput yang dijadikan acuan pada penelitian kali ini ialah rata-rata nilai dari 3x *running* simulasi. Rincian dari masing-masing hasil *running* simulasi ada pada Lampiran C.

2. *Packet Delivery Ratio* (PDR)

PDR adalah perbandingan antara paket yang diterima dengan paket yang dikirim. PDR dapat mendeskripsikan rugi-rugi (*loss*) yang dialami selama proses pengiriman data.

$$PDR = \frac{PK_R}{PK_T} \times 100\% \quad (3.2)$$

Dengan penjelasan sebagai berikut :

PDR : *Throughput* (%)

PK_R : Ukuran paket yang diterima oleh node penerima (bit)

PK_T : Ukuran paket yang dikirim oleh node pengirim(bit)

Sama seperti halnya *throughput*, nilai PDR yang diambil untuk dianalisa adalah rata-rata nilai dari 3x *running* simulasi. Rincian dari masing-masing hasil *running* simulasi ada pada Lampiran C.

3. *Control Message*

Informasi *routing* (OGM, hello message, RREQ, RREP, dll) selain dari pesan, yang dikirim dalam jaringan dinamakan *Control Message*. *Control Message* juga biasa disebut sebagai *routing overhead*. *Control Message* mengindikasikan tentang beban jaringan juga bandwidth yang terpakai.

Nilai *control message* pada penelitian kali ini ialah dihitung rata-rata bit yang dikirim oleh tiap node sesuai jumlah node pada skenario. Adapun rumus dari

$$C = \frac{\sum_1^n b}{n} \quad (3.3)$$

Dengan penjelasan sebagai berikut :

C : *Control Message* (bit)

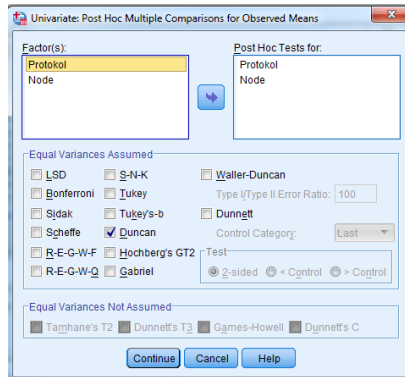
b : Jumlah bit yang di-generate (bit)

n : Jumlah node

3.7 Analisa Hasil Uji Statistik

Pada penelitian kali ini, hasil yang didapat berupa data *throughput* akan diuji terlebih dahulu dengan uji statistik *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Hal ini dikarenakan persebaran data *throughput* pada kedua protokol memiliki kecenderungan perbedaan yang tidak signifikan. Uji ini dipilih dikarenakan data yang dihasilkan berbentuk Rancangan Acak Kelompok (RAK), sehingga metode uji yang paling cocok adalah dengan uji DMRT.

Pada penelitian ini, jumlah node dan protokol routing adalah variabel bebas yang berarti bisa berubah-ubah. Sedangkan nilai *throughput* adalah variabel terikat yang akan dilihat efek dari berubahnya variabel bebas. Pengujian dilakukan menggunakan *tools* statistik SPSS. *Tools* ini dipilih karena dapat mendukung uji Duncan (DMRT). Pada Gambar 3.8 adalah contoh tampilan SPSS.



Gambar 3.8 Tampilan SPSS untuk uji DMRT

Adapun tahap dari uji statistik ini adalah sebagai berikut :

1. Pengujian Homogenitas dan Variasi Data
 Pada tahap ini dilakukan uji variasi data yang dihasilkan. Metode yang digunakan adalah *General Linear Model Univariate*. Hal ini dilakukan untuk melihat apakah data memiliki perbedaan atau tidak. Untuk mengetahui adanya perbedaan data, kita dapat menganalisa nilai alpha dengan nilai signifikansi pada faktor yang mempengaruhi nilai *throughput* yakni protokol dan jumlah node. Jika memiliki perbedaan, maka dikatakan valid bahwa terdapat protokol yang lebih baik ataupun jumlah node berpengaruh dalam hal nilai *throughput*.
2. Uji Pengaruh Protokol pada Nilai *Throughput*
 Pada tahap ini dilakukan uji antara protokol terhadap nilai *throughput*. Metode yang digunakan adalah *one-way ANOVA*. Hasil dari uji ini adalah nilai mean sekaligus standar deviasi dari masing-masing protokol sehingga dapat ditentukan protokol mana yang lebih baik dalam hal nilai *throughput*.
3. Uji Pengaruh Jumlah Node pada Nilai *Throughput*
 Pada tahap ini dilakukan uji antara jumlah node terhadap nilai *throughput*. Metode yang digunakan sama dengan uji protokol yakni *one-way ANOVA*. Analisa dan pengambilan keputusan dilakukan sama seperti pada uji protokol terhadap nilai *throughput*.

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

BAB 4

HASIL DAN ANALISA

Hasil dari penelitian akan dijelaskan dalam 2 subbab besar yakni pada kondisi normal (tanpa skenario bencana alam) yang mana menggunakan mobilitas *Disaster Area* (DA). Setiap subbab terdiri dari performansi masing-masing protokol yakni *Throughput*, PDR, dan *Control Message*.

4.1 B.A.T.M.A.N.

a. *Throughput*

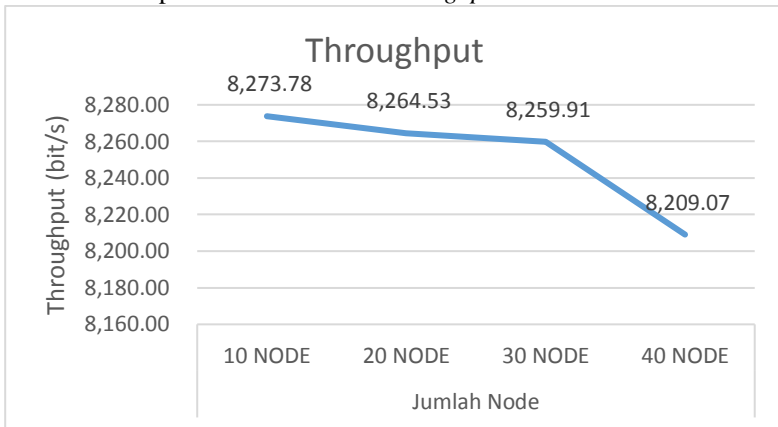
Berikut adalah hasil dari perhitungan nilai *Throughput* untuk protokol *routing* B.A.T.M.A.N.. Nilai ini didapatkan dari membagi jumlah paket yang diterima oleh node penerima, dengan waktu simulasi yakni 300 sekon. Pengujian dilakukan 3x. Adapun rincian nilai *Throughput* maupaun jumlah paket yang diterima node penerima pada tiap pengujian, terdapat pada lampiran C.

Dari gambar 4.1. dapat dilihat bahwa pada B.A.T.M.A.N., semakin bertambah jumlah node, maka nilai *Throughput* semakin menurun. Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya jumlah node diiringi dengan bertambahnya jumlah node yang bergerak. Semakin bertambah node, maka proses pencarian node tetangga terbaik pada protokol B.A.T.M.A.N. juga akan semakin lama.

Tabel 4.1 Nilai *Throughput* B.A.T.M.A.N.

JUMLAH NODE	Nilai <i>Throughput</i> (bit/s)
10	8273.778
20	8264.533
30	8259.911
40	8209.067

Dari data tersebut, dibuat grafik seperti gambar 4.1. untuk melihat kenaikan atau penurunan dari nilai *Throughput*.



Gambar 4.1 Grafik nilai *throughput* B.A.T.M.A.N.

Selain itu, faktor pergerakan node mempengaruhi putus-tidaknya koneksi antar node. Terlihat bahwa pada saat node berjumlah 40 yang mana saat itu node bergerak berjumlah 21 node, terjadi penurunan sangat drastis dibandingkan ketika node yang bergerak berjumlah 3, 10, maupun 12. Ketika node bergerak semakin banyak, maka kemungkinan terputusnya koneksi antar node akan semakin besar. Oleh karena nya pada saat node bergerak berjumlah 10 dan 12, tidak begitu nampak perubahan yang signifikan.

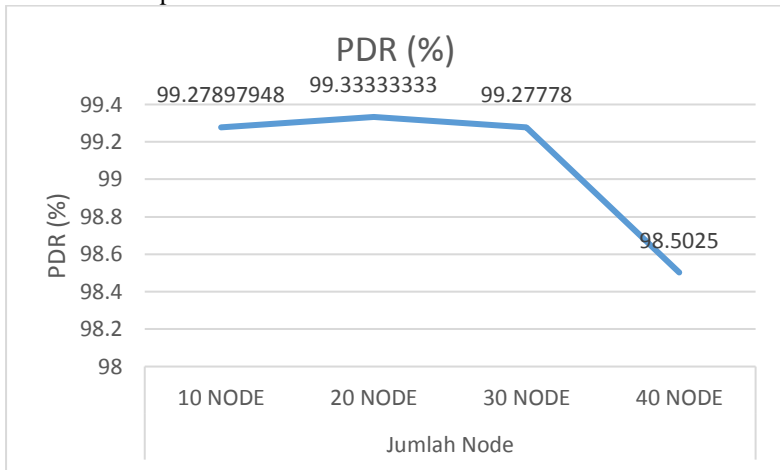
b. PDR

Berikut adalah hasil dari perhitungan nilai *Packet Delivery Ratio* (PDR) untuk protokol *routing* B.A.T.M.A.N.. Nilai ini didapatkan dari membagi jumlah paket yang diterima oleh node penerima, dengan jumlah paket yang dikirim oleh node pengirim. Pengujian dilakukan 3x. Adapun rincian nilai *Throughput* maupaun jumlah paket yang diterima node penerima pada tiap pengujian, terdapat pada lampiran C.

Tabel 4.2 Nilai PDR B.A.T.M.A.N.

JUMLAH NODE	Nilai PDR (%)
10	99.27898
20	99.33333
30	99.27778
40	98.50250

Dari data tersebut, dibuat grafik seperti gambar 4.2. untuk melihat kenaikan atau penurunan dari nilai PDR.



Gambar 4.2 Grafik PDR B.A.T.M.A.N.

Dari gambar 4.2 dapat dilihat bahwa pada protokol B.A.T.M.A.N., semakin bertambah jumlah node, maka nilai PDR malah semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh sebab yang sama dengan penurunan *Throughput* yakni karena bertambahnya jumlah node yang bergerak yang juga bertambah node keseluruhan. Oleh karena itu, Grafik PDR memiliki pola yang hampir sama dengan pola pada grafik *Throughput*.

Namun ada sedikit perbedaan ketika node berjumlah 20 yakni grafik *Throughput* mengalami kenaikan sedangkan grafik PDR turun. Hal ini dikarenakan pada *Throughput*, pembagi nilai berupa waktu simulasi serba sama pada semua node dan di semua pengujian yakni 300s. Sedangkan pada PDR, pembagi nilai berupa paket yang dikirim oleh node pengirim

berbeda pada setiap node dan setiap pengujian. Hal ini dapat dilihat pada lampiran C. Oleh karena itu, terjadi ketidaksamaan antara pola *Throughput* dan PDR.

Namun demikian, perbedaan jumlah paket yang dikirim pada setiap jumlah node dan skenario pengujian, hanya berbeda sedikit yakni 1 paket. Sehingga perbedaan pola *Throughput* dan PDR tidak berbebeda jauh.

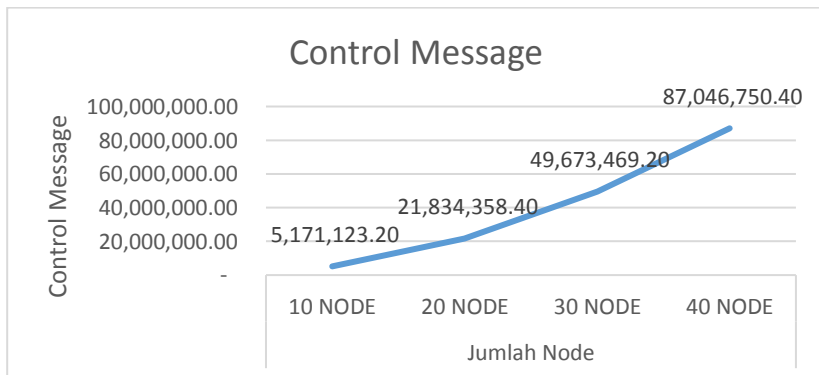
c. *Control Message*

Berikut adalah hasil dari perhitungan nilai *Control Message* untuk protokol *routing* B.A.T.M.A.N.. Nilai ini didapatkan dari menghitung rata-rata paket yang dikirim (tidak termasuk paket pesan UDP) oleh semua node. *Control Message* pada protokol B.A.T.M.A.N. adalah paket OGM dan HNA. Nilai *Control Message* mengindikasikan beban kebutuhan setiap node dalam mencari rute untuk mengirimkan pesan.

Tabel 4.3 Nilai *Control Message* B.A.T.M.A.N.

JUMLAH NODE	Nilai <i>Control Message</i> (bit)
10	5,171,123.2
20	21,834,358.4
30	49,673,469.2
40	87,046,750.4

Dari data tersebut, dibuat grafik seperti gambar 4.3. untuk melihat kenaikan atau penurunan dari nilai PDR.



Gambar 4.3 Grafik *Control Message* B.A.T.M.A.N.

Dari gambar 4.3. terlihat bahwa nilai *Control Message* naik secara drastis. Kenaikan dari *Control Message* berkisar dari 175% hingga mencapai 420%. Hal ini terjadi lantaran semakin bertambah node, maka jumlah paket OGM yang *dibroadcast* dan *di-rebroadcast*, dalam rangka mencari node tetangga terbaik, akan semakin banyak. Terlebih lagi bertambahnya jumlah node yang bergerak, yang mana mempengaruhi konektifitas antar node, membuat peluang terputusnya koneksi antar node semakin besar. Ketika node terputus, maka node tersebut harus melakukan *broadcast* OGM ulang untuk memperbarui tabel *routing* dan mendapatkan node tetangga terbaik. Maka semakin sering koneksi node terputus, maka semakin sering pula *broadcast* dan *rebroadcast* paket OGM, sehingga semakin besar paket yang dikeluarkan oleh tiap node.

4.2 AODV

Berikut adalah nilai *Throughput*, *Packet Delivery Ratio* (PDR), dan *Control Message* dari protokol AODV dengan skenario pergerakan bencana alam. Adapun nilai rinci dari tiap *iterasi* simulasi terdapat pada lampiran.

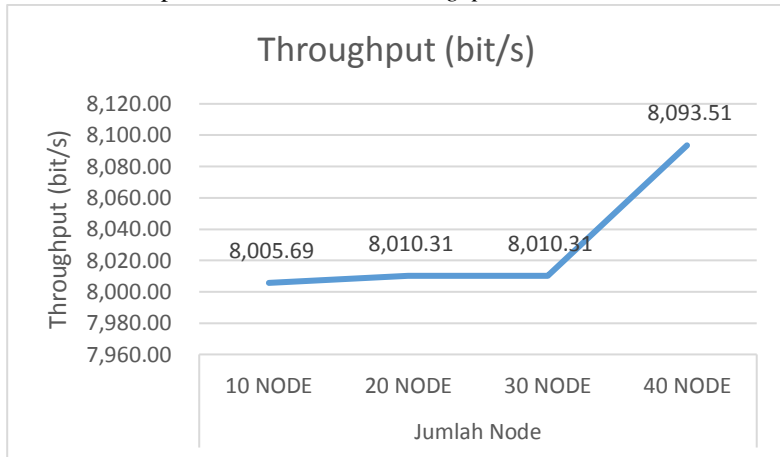
a. *Throughput*

Berikut adalah hasil dari perhitungan nilai *Throughput* untuk protokol *routing* AODV. Nilai ini didapatkan dari membagi paket yang diterima oleh node penerima, dengan waktu simulasi yakni 300 sekon. Pengujian dilakukan 3x. Adapun rincian nilai *Throughput* maupaun jumlah paket yang diterima node penerima pada tiap pengujian, terdapat pada lampiran C.

Tabel 4.4 Nilai *throughput* AODV

JUMLAH NODE	Nilai <i>Throughput</i> (bit/s)
10	8005.689
20	8010.311
30	8010.311
40	8093.511

Dari data tersebut, dibuat grafik seperti gambar 4.4. untuk melihat kenaikan atau penurunan dari nilai *Throughput*.



Gambar 4.4 Grafik nilai *throughput* AODV

Dari gambar 4.4 terlihat bahwa nilai *Throughput* AODV cenderung mengalami kenaikan. Namun terlihat kesamaan nilai *Throughput* ketika node berjumlah 20 dan 30. Hal ini terjadi lantaran ketika node berjumlah 20 dan 30, jumlah node yang bergerak cenderung sama yakni 10 dan 12. Hal ini mengakibatkan pengaruh pergerakan node tidak terlalu terlihat.

Berbeda ketika node berjumlah 40 yang mana node bergerak berjumlah 21. Terlihat kenaikan *Throughput* yang sangat tajam. Hal ini disebabkan jumlah node yang semakin rapat, menyebabkan sedikitnya terjaminnya koneksi antar node sehingga dalam pencarian jalur maupun pengiriman paket bisa dilakukan dengan cepat.

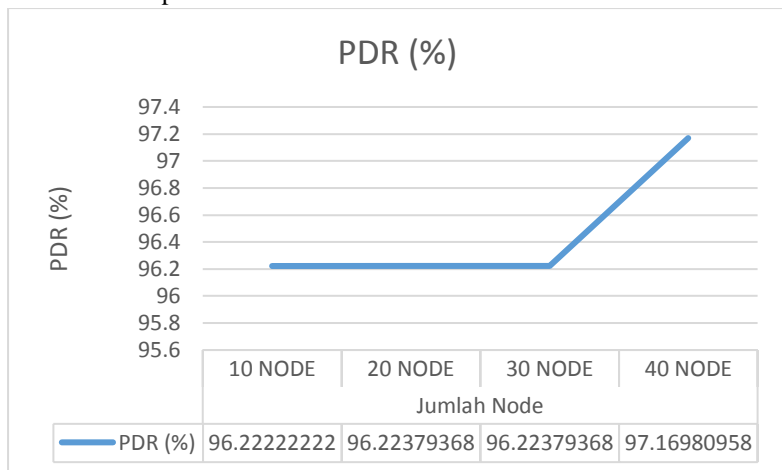
b. PDR

Berikut adalah hasil dari perhitungan nilai *Packet Delivery Ratio* (PDR) untuk protokol *routing* AODV. Nilai ini didapatkan dari membagi jumlah paket yang diterima oleh node penerima, dengan jumlah paket yang dikirim oleh node pengirim. Pengujian dilakukan 3x. Adapun rincian nilai *Throughput* maupun jumlah paket yang diterima node penerima pada tiap pengujian, terdapat pada lampiran C.

Tabel 4.5 Perbandingan nilai PDR B.A.T.M.A.N. dan AODV

JUMLAH NODE	Nilai PDR (%)
10	96.22222
20	96.22379
30	96.22379
40	97.16981

Dari data tersebut, dibuat grafik seperti gambar 4.5. untuk melihat kenaikan atau penurunan dari nilai PDR.



Gambar 4.5 Grafik nilai PDR dari AODV

Dari gambar 4.5. terlihat bahwa nilai PDR dari AODV memiliki pola yang sama dengan pola nilai *Throughput*. Hal ini dikarenakan jumlah paket yang diterima ketika node berjumlah 20 dan 30 sama besar di setiap simulasi. Nilai yang sama tersebut terjadi lantaran jumlah node yang bergerak pada saat 20 dan 30 terbilang tidak berbeda yakni 10 dan 12. Node bergerak mempengaruhi terkirimnya paket RREQ pada AODV. Dengan jumlah yang tidak jauh berbeda, maka kemampuan protokol AODV juga menghasilkan nilai PDR yang tidak berbeda (sama).

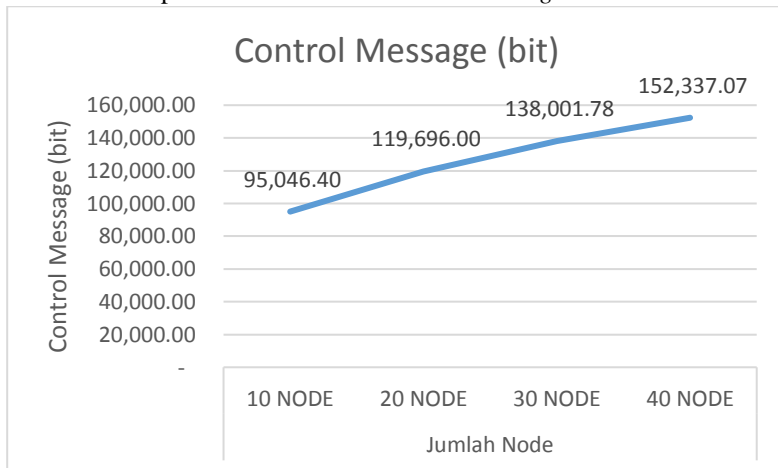
c. *Control Message*

Berikut adalah hasil dari perhitungan nilai *Control Message* untuk protokol *routing* AODV Nilai ini didapatkan dari menghitung rata-rata paket yang dikirim (tidak termasuk paket pesan UDP) oleh semua node. *Control Message* pada protokol AODV antara lain RREQ, RRER, RREP, dan Hello Message. Nilai *Control Message* mengindikasikan beban kebutuhan setiap node dalam mencari rute untuk mengirimkan pesan.

Tabel 4.6 Perbandingan *Control Message* B.A.T.M.A.N. dan AODV

JUMLAH NODE	Nilai <i>Control Message</i> (bit)
10	95,046.4
20	119,696.0
30	138,001.8
40	152,337.1

Dari data tersebut, dibuat grafik seperti gambar 4.6. untuk melihat kenaikan atau penurunan dari nilai *Control Message*.



Gambar 4.6 *Control Message* AODV pada skenario bencana alam

Dari gambar 4.6. terlihat bahwa *Control Message* mengalami kenaikan seiring bertambah node pada jaringan. Hal ini disebabkan

semakin banyak node pada jaringan, maka akan semakin banyak paket RREQ dan HELLO message yang diterima oleh suatu node dari node tetangga nya.

4.3 Perbandingan B.A.T.M.A.N. dan AODV

Pada subbab ini akan ditunjukkan perbandingan antara protokol BA.T.M.A.N. dan AODV pada kondisi normal yakni menggunakan model mobilitas *DisasterArea*.

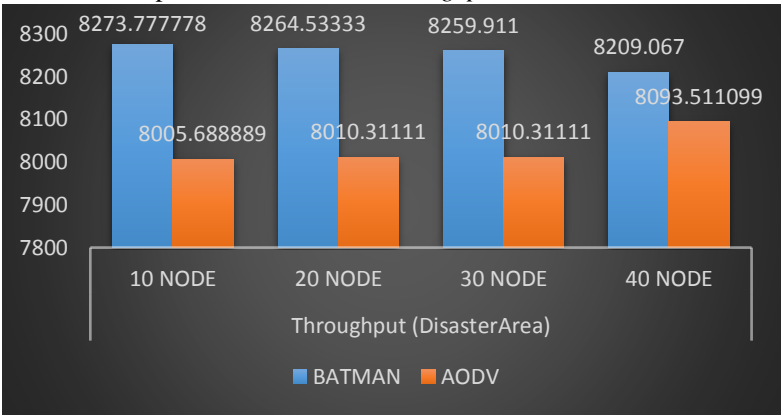
a. *Throughput*

Nilai *Throughput* dari kedua protokol *routing* tersebut diambil dari tabel 4.1 dan tabel 4.4.

Tabel 4.7 Perbandingan nilai *Throughput*

JUMLAH NODE	Nilai <i>Throughput</i> (bit/s)	
	B.A.T.M.A.N.	AODV
10	8,273.78	8,005.69
20	8,264.53	8,010.31
30	8,259.91	8,010.31
40	8,209.07	8,093.51

Dari data tersebut, dibuat grafik seperti gambar 4.7 untuk melihat kenaikan atau penurunan dari nilai *Throughput*.



Gambar 4.7 Perbandingan *Throughput* kedua protokol *routing*

Dari grafik pada gambar 4.7 terlihat bahwa nilai *Throughput* B.A.T.M.A.N. unggul jika dibandingkan dengan AODV. Hal ini disebabkan oleh sifat proaktif yang dimiliki oleh protokol B.A.T.M.A.N. yang mana senantiasa meng-*update* tabel *routing*, sehingga ketika ada permintaan node untuk mengirimkan pesan, node tetangga terbaik yang dipercaya untuk menyampaikan pesan, bisa langsung meneruskan ke node tetangga terbaik lainnya dan seterusnya. Jika dilihat perbedaan dari *Throughput* berkisar 100 bit/s hingga 300 bit/s. Untuk komunikasi digital, perbedaan tersebut tidak terlalu mempengaruhi kinerja dari suatu komunikasi.

Namun demikian, dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa protokol AODV dapat lebih beradaptasi pada kondisi bencana alam dibandingkan B.A.T.M.A.N. Hal tersebut dikarenakan semakin banyak node, protokol B.A.T.M.A.N. membutuhkan waktu lebih lama untuk mencari node tetangga terbaik. Apalagi dengan bertambahnya node yang bergerak yang mana membuat koneksi terputus, hal tersebut membuat protokol B.A.T.M.A.N. membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mendapatkan rute pengiriman pesan. Sedangkan AODV lebih dapat beradaptasi karena mekanisme *reverse path setup* yang mana tabel *routing* mencatat jalur yang telah dilewati sebelumnya. Dengan pergerakan *DisasterArea* yang mana pergerakan node memiliki pola, maka node akan mampu menghafal jalur rute dengan mekanisme *reverse path setup*.

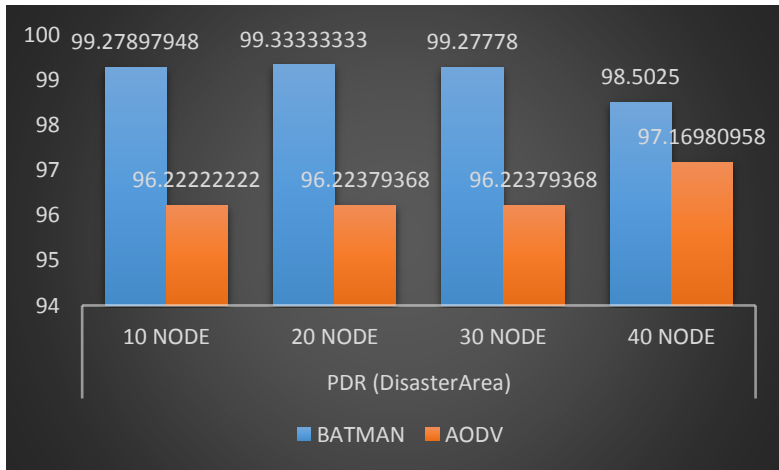
b. PDR

Nilai PDR dari kedua protokol *routing* tersebut diambil dari tabel 4.2 dan tabel 4.5.

Tabel 4.8 Perbandingan nilai PDR pada skenario DA

JUMLAH NODE	Nilai <i>Throughput</i> (bit/s)	
	B.A.T.M.A.N.	AODV
10	99.27898	96.22222
20	99.33333	96.22379
30	99.27778	96.22379
40	98.50250	97.16981

Dari data tersebut, dibuat grafik seperti gambar 4.8. untuk melihat kenaikan atau penurunan dari nilai *PDR*



Gambar 4.8 Perbandingan PDR kedua protokol

Dari gambar 4.8 terlihat bahwa nilai PDR dari protokol *routing* B.A.T.M.A.N. unggul terhadap AODV. Hal ini sejalan dengan nilai dari *Throughput* yang mana B.A.T.M.A.N. juga unggul. Keunggulan B.A.T.M.A.N. dikarenakan mekanisme pencarian node tetangga terbaik yang ada pada B.A.T.M.A.N.. Mekanisme tersebut memastikan bahwa jalur dari paket adalah jalur terbaik yang dipilih setiap node.

Meskipun demikian, penurunan nilai PDR pada protokol B.A.T.M.A.N. menunjukkan hal yang sama dengan penurunan pada nilai *Throughput* nya. Hal ini lagi-lagi dikarenakan bertambahnya jumlah node yang bergerak membuat koneksi terputus sehingga node harus melakukan *broadcast* ulang paket OGM untuk mendapatkan node tetangga terbaik. Sedangkan AODV mampu lebih adaptif dengan bertambahnya jumlah node karena node pada suatu lokasi semakin padat, khususnya node yang statis. Node statis yang masuk tabel *routing* akan mempermudah pengiriman paket karena tidak terputus dari node lain.

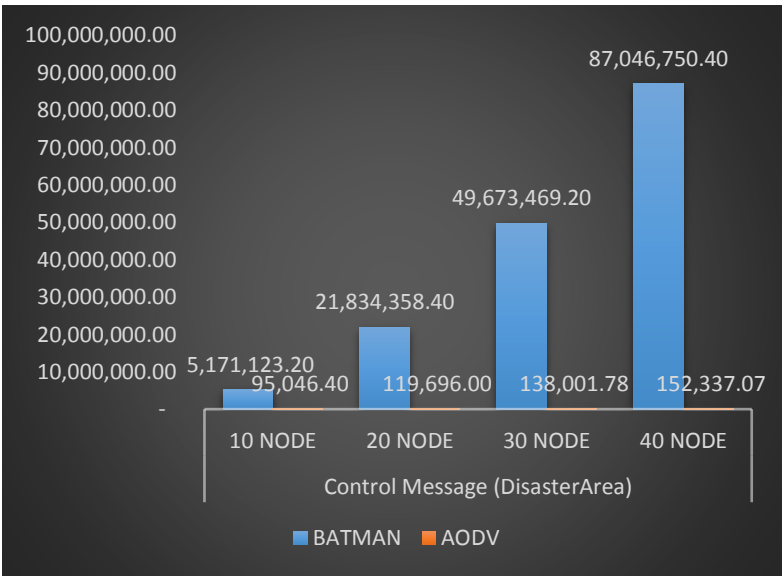
c. *Control Message*

Nilai *Control Message* dari kedua protokol *routing* diambil dari tabel 4.3 dan tabel 4.6.

Tabel 4.9 Perbandingan nilai *Control Message*

JUMLAH NODE	Nilai <i>Control Message</i> (bit)	
	B.A.T.M.A.N.	AODV
10	5,171,123.2	95,046.4
20	21,834,358.4	119,696.0
30	49,673,469.2	138,001.8
40	87,046,750.4	152,337.1

Dari data tersebut, dibuat grafik seperti gambar 4.9. untuk melihat kenaikan atau penurunan dari nilai *Control Message*.



Gambar 4.9 Perbandingan *Control Message* kedua protokol *routing*

Dari grafik tersebut, terlihat bahwa jumlah *Control Message* dari protokol B.A.T.M.A.N. sangat jauh melebihi jumlah *Control Message*

dari protokol AODV. Hal ini disebabkan karakteristik proaktif pada protokol B.A.T.M.A.N. yang mana senantiasa melakukan *broadcast* paket OGM untuk memperbarui tabel *routing*. Ditambah lagi dengan bertambahnya node yang bergerak yang dapat mengakibatkan koneksi antar node terputus, sehingga node akan melakukan *broadcast* ulang paket OGM untuk memperbarui kembali tabel *routing*.

Sedangkan *Control Message* pada AODV cenderung lebih sedikit dikarenakan tidak ada mekanisme *update* tabel *routing* meskipun sebenarnya AODV memilikinya yakni mekanisme *route maintenance*. Namun pada simulasi ini tidak dilakukan *route maintenance* dikarenakan simulasi berakhir setelah pesan diterima oleh penerima. Selain itu, sedikitnya *Control Message* pada AODV dikarenakan paket RREQ berhenti *broadcast* ketika node penerima telah ditemukan. Paket RREP juga tidak *broadcast* lantaran mekanisme *reverse path setup* yang dimiliki AODV.

Dari data tersebut, AODV lebih unggul daripada B.A.T.M.A.N. dalam hal *Control Message*. Hal ini dikarenakan semakin sedikit *Control Message* yang dikeluarkan oleh tiap node, berarti semakin hemat paket yang harus dikeluarkan oleh node. Dalam telekomunikasi, hemat paket yang dikeluarkan maka semakin hemat pula baterai yang dipakai. Apalagi untuk kondisi bencana alam yang minim sumber daya, AODV jauh lebih cocok untuk digunakan.

5.4 Analisa Hasil Uji DMRT

Pada subbab ini akan dijelaskan hasil uji DMRT menggunakan *tools* SPSS. Penjelasan akan dibagi menjadi 3 yakni korelasi data dari 2 protokol routing, pengaruh jumlah node pada nilai *throughput*, dan pengaruh protokol routing pada nilai *throughput*.

a. Korelasi Data

Pada pengujian korelasi, dilakukan metode *general linear model* yang bernama *univariate*. Uji ini selain untuk melihat korelasi data, juga dapat melihat tingkat homogenitas data. Setelah dilakukan uji DMRT, didapatkan data yang ditampilkan pada tabel Tabel 4.10. Dari tabel tersebut nilai yang harus diperhatikan adalah nilai *sig.* pada baris protokol dan jumlah node. Terlihat bahwa nilai *sig.* pada protokol kurang dari nilai signifikansi (0.05) yakni 0.008 hal ini berarti bahwa kedua data *throughput* memiliki perbedaan jika dilihat dari protokol routing yang

digunakan. Sedangkan pada baris jumlah node terlihat bahwa nilai *sig.* sebesar 0.987. Nilai yang lebih dari signifikansi (0.05) ini, berarti bahwa kedua data *throughput* tidak memiliki perbedaan jika dilihat dari jumlah node. Sehingga perubahan jumlah node tidak terlalu memberikan efek yang berarti pada nilai *throughput*.

Tabel 4.10 Korelasi Nilai *Throughput* antara Protokol BATMAN dan AODV

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Throughput					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	98759.438 ^a	4	24689.859	9.711	.046
Intercept	5.302E8	1	5.302E8	208538.39 4	.000
Protokol	98449.643	1	98449.643	38.723	.008
Node	309.795	3	103.265	.041	.987
Error	7627.266	3	2542.422		
Total	5.303E8	8			
Corrected Total	106386.703	7			
a. R Squared = .928 (Adjusted R Squared = .833)					

b. Pengaruh Protokol Routing pada *Throughput*

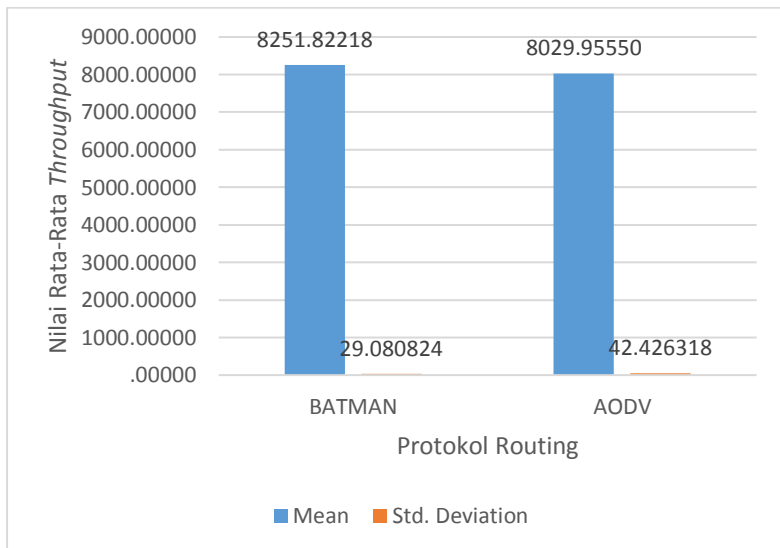
Untuk melihat pengaruh protokol routing terhadap nilai *throughput*, dilakukan uji dengan metode *one-way* ANOVA. Hasil dari uji ini berupa nilai rata-rata, standar deviasi, dan lainnya yang akan dijelaskan pada lampiran. Namun untuk subbab kali ini, data yang akan ditampilkan adalah rata-rata dan standar deviasi saja karena sudah mewakili

kesimpulan yang dicari. Hasil uji *one-way* ANOVA untuk mengetahui pengaruh protokol routing terhadap nilai *throughput* Tabel 4.11 dijelaskan pada berikut.

Tabel 4.11 Pengaruh protokol routing pada nilai *throughput*

Protokol	Mean	Std. Deviation
BATMAN	8251.82218	29.080824
AODV	8029.95550	42.426318

Kemudian kita bisa melihat data dari tabel tersebut dengan grafik pada gambar berikut.



Gambar 4.10 Hasil uji perbandingan protokol routing terhadap nilai *throughput*

Dari Gambar 4.10 terlihat bahwa protokol B.A.T.M.A.N. unggul daripada AODV. Nilai rata-rata *throughput* dari protokol B.A.T.M.A.N. sebesar 8251.82 +/- 29.08 sedangkan AODV sebesar 8029.95 +/- 42.43.

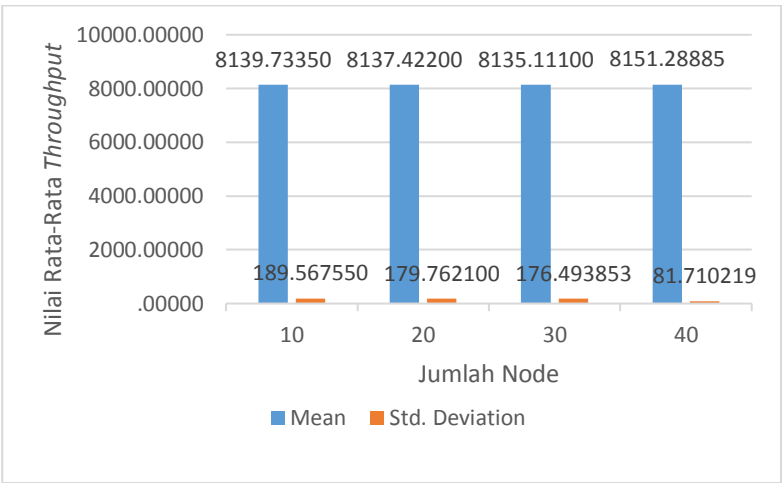
c. Pengaruh Jumlah Node pada Nilai *Throughput*

Untuk menguji pengaruh jumlah node terhadap nilai *throughput*, dilakukan uji dengan metode yang sama yakni *one-way ANOVA*. Cara menarik kesimpulan juga sama, adapun hasil uji dijabarkan pada

Tabel 4.12 Hasil uji perbandingan jumlah node terhadap nilai *throughput*

Jumlah Node	Mean	Std. Deviation
10	8139.73350	189.567550
20	8137.42200	179.762100
30	8135.11100	176.493853
40	8151.28885	81.710219

Kemudian kita bisa melihat data dari tabel tersebut dengan grafik pada gambar berikut.



Gambar 4.11 Pengaruh jumlah node terhadap nilai *throughput*

Dari Gambar 4.11. dapat diketahui bahwa nilai rata-rata *throughput* tertinggi ada pada ketika node berjumlah 40. Namun secara keseluruhan nilai serba sama seperti yang telah dijelaskan pada awal subbab 4.4. bagian a. tentang korelasi data. Hal ini membuktikan bahwa jumlah node tidak berpengaruh terhadap nilai *throughput*

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian terhadap performansi protokol *routing* B.A.T.M.A.N. dan AODV ini, dengan melakukan pengujian sebanyak 3x pengujian untuk setiap skenario protokol, didapatkan beberapa kesimpulan antara lain :

1. Hasil uji statistik untuk nilai menggunakan metode DMRT untuk nilai *throughput*, didapatkan bahwa Protokol *routing* B.A.T.M.A.N. cenderung lebih unggul dibandingkan protokol *routing* AODV
2. Protokol *routing* B.A.T.M.A.N. memiliki *Control Message* yang sangat tinggi dibandingkan protokol *routing* AODV.
3. Besar nilai *Throughput* dari protokol *routing* B.A.T.M.A.N berkisar pada 8,209.07 hingga 8,273.78 bit/s. Sedangkan besar nilai *Throughput* dari protokol *routing* AODV berkisar pada 8005.69 bit/s hingga 8,093.51 bit/s.
4. Besar nilai *Control Message* dari protokol *routing* B.A.T.M.A.N. berkisar pada 5,171,123.2. bit hingga 87,046,750.4 bit Sedangkan Besar nilai *Control Message* dari protokol *routing* AODV berkisar sebesar 95,046.4 bit hingga 152,337.07 bit pada skenario kondisi bencana alam.
5. Protokol AODV lebih cocok digunakan dalam kondisi bencana dikarenakan lebih dapat beradaptasi dengan pertambahan jumlah node baik pada nilai *Throughput*, PDR, maupun *Control Message*.
6. Berdasarkan konfigurasi penelitian, komunikasi teks cocok diaplikasikan pada skenario bencana alam dibandingkan komunikasi suara maupun video.

5.2 Saran

1. Diperlukan penelitian terhadap jumlah node yang lebih besar (>100) agar diketahui skalabilitas dari protokol *routing*.
2. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan jumlah koneksi yang lebih dari 1 koneksi.

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Reina, D.G, dkk. 2011. Evaluation of Ad Hoc Network in Disaster Scenario. Jepang : Third International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems. DOI 10.1109/INCoS.2011.86
- [2] Sharma, Aastikta, Dr. Narendra Rajagopalan. 2013. A Comparative Study of B.A.T.M.A.N. and OLSR Routing Protocols for MANETs. India : International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering (IJATCSE), Vol.2 , No.5, Pages : 13-17
- [3] P.P.,Thakare, Joshi M.A. And Raut A.D. 2012. A REVIEW PAPER ON ROUTING PROTOCOLS OF WIRELESS AD-HOC NETWORK TECHNOLOGY. India : International Journal of Networking. ISSN: 2249-278X & E-ISSN: 2249-2798, Volume 2, Issue 1, 2012, pp.-35-39.
- [4] Kulla, Elis, et al. 2012. Performance comparison of OLSR and BATMAN routing protocols by a MANET testbed in stairs environment. Japan : Computers and Mathematics with Applications 63 (2012) 339–349
- [5] Yanuar, Gregorius Chandra. 2016. Analisis Perbandingan Unjuk Kerja Protokol Routing Proaktif B.A.T.M.A.N. Terhadap Protokol Routing Proaktif OLSR Pada Jaringan MANET. Yogyakarta : Skripsi.
- [6] Maurya, Prashant Kumar, dkk. 2012. An Overview of AODV *Routing* Protocol : International Journal of Modern Engineering Research (IJMER). Vol.2. ISSN: 2249-6645
- [7] Aschenbruck, Nils ., Elmar Gerhards-Padilla, Peter Martini. 2009. Modeling Mobility in Disaster Area Scenarios. Germany : Performance Evaluation 66 (2009) 773–790
- [8] Roy, Radhika Ranjan. 2011. Handbook of Mobile Ad Hoc Networks for Mobility Models. USA : Springer Science+Business Media.
- [9] Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). 2009. Laporan Harian PUSDALOPS BNPB. Jakarta : BNPB.
- [10] Basagni, Stefano., et al. 2004. Mobile Ad Hoc Networking. Canada : IEEE Press.

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

LAMPIRAN

A. Listing Program OMNET (Omnet.ini file)

```
[General]
network = B.A.T.M.A.N.
sim-time-limit = 300s
#seed-0-mt = 5
record-eventlog = false
repeat = 3
cmdenv-express-mode = true
tkenv-plugin-path = ../../etc/plugins
description = "TA"
# mobility
**.mobility.initFromDisplayString = false
#[BATTERY LIFE]
**.batteryType = "InetSimpleBattery"
**.usage_radio_idle = 1.38mA #[mA]
**.usage_radio_recv = 9.6mA #[mA]
**.usage_radio_sleep = 0.06mA #[mA]
**.usage_radio_send = 9.6mA #[mA]

**.battery.nominal = 50
**.battery.capacity = 50
**.battery.voltage = 18
**.battery.resolution = 1s
**.battery.publishDelta = 0.5
**.battery.publishTime = 20s
**.drawCoverage=false

#[KONEKSI 1]
# udp apps (on)
**.host[0].numUdpApps = 1
**.host[0].udpApp[0].typename = "UDPBasicBurst"

**.host[0].udpApp[0].destAddresses = "fixhost[0]"
**.host[0].udpApp[0].localPort = 1234
**.host[0].udpApp[0].destPort = 1234
```

```

**.host[0].udpApp[0].messageLength = 512B#
#**.udpApp[0].messageLength = 2000B      #
#**.udpApp[0].sendInterval = 0.2s + uniform(-0.001s,0.001s)
**.host[0].udpApp[0].sendInterval = 0.5s + uniform(-
0.001s,0.001s)
**.host[0].udpApp[0].burstDuration = 0

**.host[0].udpApp[0].chooseDestAddrMode = "perBurst"
**.host[0].udpApp[0].sleepDuration = 1s
# **.udpApp[0].burstDuration = uniform(1s,4s,1)
# **.udpApp[0].stopTime = uniform(20s,40s,1)
##**.udpApp[0].startTime = uniform(0s,4s,1)
**.host[0].udpApp[0].startTime = 0s
**.host[0].udpApp[0].Control MessageLimit = 20s
**.host[0].udpApp[0].destAddrRNG = 0

#Configure_FixHost
**.fixhost[0].udpApp[*].typename = "UDPSink"
**.fixhost[0].numUdpApps = 1
**.fixhost[0].udpApp[0].localPort = 1234

#[WLAN CONFIG]
# nic settings
**.wlan*.bitrate = 54Mbps
**.wlan*.typename="Ieee80211Nic"
**.wlan*.opMode="g"
**.wlan*.mac.EDCA = false
**.wlan*.mgmt.frameCapacity = 10
**.wlan*.mac.maxQueueSize = 14
**.wlan*.mac.rtsThresholdBytes = 3000B
**.wlan*.mac.basicBitrate = 6Mbps # 24Mbps
**.wlan*.mac.retryLimit = 7
**.wlan*.mac.cwMinData = 31

# channel physical parameters
*.channelControl.pMax = 2.0mW

```

```
** .wlan*.radio.transmitterPower=2.0mW
** .wlan*.radio.sensitivity=-90dBm
** .wlan*.radio.berTableFile="per_table_80211g_Trivellato.dat"
```

```
[Config AODV-DA-10]
```

```
** .routingProtocol="AODVUU"
** .host*.mobilityType = "BonnMotionDAMobility"
** .fixhost[*].mobilityType = "BonnMotionDAMobility"
** .drawCoverage=true
** .constraintAreaMinX = 0m
** .constraintAreaMinY = 0m
** .constraintAreaMinZ = 0m
** .constraintAreaMaxX = 600m
** .constraintAreaMaxY = 520m
** .constraintAreaMaxZ = 0m
* .numFixHosts = 1
* .numHosts = 9
*** .mobility.speed = 5mps
*** .mobility.waitTime = 2s
```

```
[Config AODV-DA-20]
```

```
** .routingProtocol="AODVUU"
** .host*.mobilityType = "BonnMotionDAMobility"
** .fixhost[*].mobilityType = "BonnMotionDAMobility"
** .drawCoverage=true
** .constraintAreaMinX = 0m
** .constraintAreaMinY = 0m
** .constraintAreaMinZ = 0m
** .constraintAreaMaxX = 600m
** .constraintAreaMaxY = 520m
** .constraintAreaMaxZ = 0m
* .numFixHosts = 1
* .numHosts = 19
*** .mobility.speed = 5mps
*** .mobility.waitTime = 2s
```

[Config AODV-DA-30]

```
**.routingProtocol="AODVUU"  
**.host*.mobilityType = "BonnMotionDAMobility"  
**.fixhost[*].mobilityType = "BonnMotionDAMobility"  
**.drawCoverage=true  
**.constraintAreaMinX = 0m  
**.constraintAreaMinY = 0m  
**.constraintAreaMinZ = 0m  
**.constraintAreaMaxX = 600m  
**.constraintAreaMaxY = 520m  
**.constraintAreaMaxZ = 0m  
*.numFixHosts = 1  
*.numHosts = 29  
###*.mobility.speed = 5mps  
###*.mobility.waitTime = 2s
```

[Config AODV-DA-40]

```
**.routingProtocol="AODVUU"  
**.host*.mobilityType = "BonnMotionDAMobility"  
**.fixhost[*].mobilityType = "BonnMotionDAMobility"  
**.drawCoverage=true  
**.constraintAreaMinX = 0m  
**.constraintAreaMinY = 0m  
**.constraintAreaMinZ = 0m  
**.constraintAreaMaxX = 600m  
**.constraintAreaMaxY = 520m  
**.constraintAreaMaxZ = 0m  
*.numFixHosts = 1  
*.numHosts = 39  
###*.mobility.speed = 5mps  
###*.mobility.waitTime = 2s
```

[Config B.A.T.M.A.N.-DA-10]

```
**.routingProtocol="B.A.T.M.A.N."  
**.host*.mobilityType = "BonnMotionDAMobility"  
**.fixhost[*].mobilityType = "BonnMotionDAMobility"  
**.drawCoverage=true
```

```

**.constraintAreaMinX = 0m
**.constraintAreaMinY = 0m
**.constraintAreaMinZ = 0m
**.constraintAreaMaxX = 600m
**.constraintAreaMaxY = 520m
**.constraintAreaMaxZ = 0m
*.numFixHosts = 1
*.numHosts = 9
##**.mobility.speed = 5mps
##**.mobility.waitTime = 2s

[Config B.A.T.M.A.N.-DA-20]
**.routingProtocol="B.A.T.M.A.N."
**.host*.mobilityType = "BonnMotionDAMobility"
**.fixhost[*].mobilityType = "BonnMotionDAMobility"
**.drawCoverage=true
**.constraintAreaMinX = 0m
**.constraintAreaMinY = 0m
**.constraintAreaMinZ = 0m
**.constraintAreaMaxX = 600m
**.constraintAreaMaxY = 520m
**.constraintAreaMaxZ = 0m
*.numFixHosts = 1
*.numHosts = 19
##**.mobility.speed = 5mps
##**.mobility.waitTime = 2s

[Config B.A.T.M.A.N.-DA-30]
**.routingProtocol="B.A.T.M.A.N."
**.host*.mobilityType = "BonnMotionDAMobility"
**.fixhost[*].mobilityType = "BonnMotionDAMobility"
**.drawCoverage=true
**.constraintAreaMinX = 0m
**.constraintAreaMinY = 0m
**.constraintAreaMinZ = 0m
**.constraintAreaMaxX = 600m
**.constraintAreaMaxY = 520m

```

```

**.constraintAreaMaxZ = 0m
*.numFixHosts = 1
*.numHosts = 29
###**.mobility.speed = 5mps
###**.mobility.waitTime = 2s

[Config B.A.T.M.A.N.-DA-40]
**.routingProtocol="B.A.T.M.A.N."
**.host*.mobilityType = "BonnMotionDAMobility"
**.fixhost[*].mobilityType = "BonnMotionDAMobility"
**.drawCoverage=true
**.constraintAreaMinX = 0m
**.constraintAreaMinY = 0m
**.constraintAreaMinZ = 0m
**.constraintAreaMaxX = 600m
**.constraintAreaMaxY = 520m
**.constraintAreaMaxZ = 0m
*.numFixHosts = 1
*.numHosts = 39
###**.mobility.speed = 5mps
###**.mobility.waitTime = 2s

```

B. Listing Program Bonnmotion

~~~~10 node~~~~

```
bm -f DA10 DisasterArea -n 10 -x 600 -y 520 -p 20 -a 1 -g 140 -r 3 -q 3 -d
300 -e 6 -i 5000 -j 1 -h 12 -l 2 -b
320,75,345,75,345,100,320,100,330,75,330,76,3,2,0 -b
220,86,300,86,300,120,220,120,220,100,310,100,2,1,0 -b
220,126,300,126,300,160,220,160,220,140,310,140,2,1,0 -b
133,25,180,25,180,75,133,75,133,50,180,50,1,2,1 -b
25,5,125,5,125,100,25,100,25,50,125,50,0,2,1 -b
320,5,345,5,345,50,320,50, 5,0,345,0, 325,5,325,50,4,2,1 -o
25,90,100,90,100,130,25,130 -K -R 23
```

~~~~20 node~~~~

```
bm -f DA20 DisasterArea -n 20 -x 600 -y 520 -p 20 -a 1 -g 140 -r 3 -q 3 -d
300 -e 6 -i 5000 -j 1 -b 320,75,345,75,345,100,320,100,330,75,330,76,3,2,0
-b 220,86,300,86,300,120,220,120,220,100,310,100,2,1,0 -b
220,126,300,126,300,160,220,160,220,140,310,140,2,1,0 -b
133,25,180,25,180,75,133,75,133,50,180,50,1,5,3 -b
25,5,125,5,125,100,25,100,25,50,125,50,0,6,4 -b
320,5,345,5,345,50,320,50, 5,0,345,0, 325,5,325,50,4,5,3 -o
25,90,100,90,100,130,25,130 -K -R 23
```

~~~~30 node~~~~

```
bm -f DA30 DisasterArea -n 30 -x 600 -y 520 -p 20 -a 1 -g 140 -r 3 -q 3 -d
300 -e 6 -i 5000 -j 1 -b 320,75,345,75,345,100,320,100,330,75,330,76,3,2,0
-b 220,86,300,86,300,120,220,120,220,100,310,100,2,3,0 -b
220,126,300,126,300,160,220,160,220,140,310,140,2,3,0 -b
133,25,180,25,180,75,133,75,133,50,180,50,1,7,5 -b
25,5,125,5,125,100,25,100,25,50,125,50,0,10,4 -b
320,5,345,5,345,50,320,50, 5,0,345,0, 325,5,325,50,4,5,3 -o
25,90,100,90,100,130,25,130 -K -R 23
```

~~~~40 node~~~~

```
bm -f DA40 DisasterArea -n 40 -x 600 -y 520 -p 20 -a 1 -g 140 -r 3 -q 3 -d
300 -e 6 -i 5000 -j 1 -b 320,75,345,75,345,100,320,100,330,75,330,76,3,2,0
-b 220,86,300,86,300,120,220,120,220,100,310,100,2,4,0 -b
220,126,300,126,300,160,220,160,220,140,310,140,2,4,0 -b
133,25,180,25,180,75,133,75,133,50,180,50,1,10,8 -b
25,5,125,5,125,100,25,100,25,50,125,50,0,15,10 -b
320,5,345,5,345,50,320,50, 5,0,345,0, 325,5,325,50,4,5,3 -o
25,90,100,90,100,130,25,130 -K -R 23
```

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

C. Tabel Pengujian Jaringan

a. **B.A.T.M.A.N. Throughput-DA**

| Run Number | Jumlah Node | | | |
|------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| | 10 NODE | 20 NODE | 30 NODE | 40 NODE |
| 0 | 8278.4 | 8264.53333 | 8264.53333 | 8209.066667 |
| 1 | 8278.4 | 8264.53333 | 8250.66667 | |
| 2 | 8264.53333 | 8264.53333 | 8264.53333 | |
| Rata-rata | 8273.777778 | 8264.53333 | 8259.911112 | 8209.066667 |

b. **B.A.T.M.A.N. Control Message –DA**

| Run Number | Jumlah Node | | | |
|------------|-------------|------------|---------------|---------------|
| | 10 NODE | 20 NODE | 30 NODE | 40 NODE |
| 0 | 5,178,700.8 | 21,850,803 | 49,645,845.33 | 87,046,750.40 |
| 1 | 5,170,483.2 | 21,832,874 | 49,659,541.33 | |
| 2 | 5,164,185.6 | 21,819,398 | 49,715,020.80 | |
| Rata-rata | 5,171,123.2 | 21,834,358 | 49,673,469.16 | 87,046,750.40 |

c. **B.A.T.M.A.N. PDR –DA**

| Run Number | Jumlah Node | | | |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 10 NODE | 20 NODE | 30 NODE | 40 NODE |
| 0 | 99.3344426 | 99.33333333 | 99.33333333 | 98.50249584 |
| 1 | 99.3344426 | 99.33333333 | 99.16666667 | |
| 2 | 99.16805324 | 99.33333333 | 99.33333333 | |
| Rata-rata | 99.27897948 | 99.33333333 | 99.27777778 | 98.50249584 |

d. **AODV Throughput-DA**

| Run Number | Jumlah Node | | | |
|------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| | 10 NODE | 20 NODE | 30 NODE | 40 NODE |
| 0 | 7848.533333 | 7848.533 | 8098.13333 | 8098.13333 |
| 1 | 8084.266667 | 8098.133 | 7848.533333 | 8098.1333 |
| 2 | 8084.266667 | 8084.267 | 8084.266667 | 8084.266667 |
| Rata-rata | 8005.688889 | 8010.31111 | 8010.31111 | 8093.511099 |

e. **AODV Control Message –DA**

| Run Number | Jumlah Node | | | |
|------------|-------------|---------|---------|---------|
| | 10 NODE | 20 NODE | 30 NODE | 40 NODE |

| | | | | |
|-----------|---------|----------|-------------|-------------|
| 0 | 94771.2 | 120300.8 | 138121.6 | 150685.6 |
| 1 | 95184 | 120182.4 | 140168.5333 | 153655.2 |
| 2 | 95184 | 182252.8 | 135715.2 | 152670.4 |
| Rata-rata | 95046.4 | 140912 | 138001.7778 | 152337.0667 |

f. **AODV PDR –DA**

| Run Number | Jumlah Node | | | |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 10 NODE | 20 NODE | 30 NODE | 40 NODE |
| 0 | 94.33333333 | 94.33333333 | 97.17138103 | 97.17138103 |
| 1 | 97.16666667 | 97.16666667 | 94.33333333 | 97.17138103 |
| 2 | 97.16666667 | 94.33333333 | 97.16666667 | 97.16666667 |
| Rata-rata | 96.22222222 | 95.27777778 | 96.22379368 | 97.16980958 |

g. **Jumlah Paket yang Dikirim dan diterima pada AODV**

| Jumlah Node | Run Ke- | 0 | 1 | 2 |
|-------------|---------------|----------|----------|----------|
| 10 node | Receive | 566 | 583 | 583 |
| | Generate | 600 | 600 | 600 |
| | PDR | 0.943333 | 0.971667 | 0.971667 |
| 20 node | PDR rata-rata | 0.962222 | | |
| | Receive | 566 | 584 | 583 |
| | Generate | 600 | 601 | 600 |
| | PDR | 0.943333 | 0.971714 | 0.971667 |
| | PDR rata-rata | 0.962238 | | |
| 30 node | Receive | 584 | 566 | 583 |
| | Generate | 601 | 600 | 600 |
| | PDR | 0.971714 | 0.943333 | 0.971667 |
| | PDR rata-rata | 0.962238 | | |
| 40 node | Receive | 584 | 584 | 583 |
| | Generate | 601 | 601 | 600 |
| | PDR | 0.971714 | 0.971714 | 0.971667 |
| | PDR rata-rata | 0.971698 | | |

h. Jumlah Paket yang Dikirim dan diterima pada B.A.T.M.A.N.

| Jumlah Node | Run Ke- | 0 | 1 | 2 |
|-------------|-----------|----------|----------|----------|
| 10 node | Receive | 597 | 597 | 596 |
| | Generate | 601 | 601 | 601 |
| | PDR | 0.993344 | 0.993344 | 0.991681 |
| | PDR rata2 | 0.99279 | | |
| 20 node | Receive | 596 | 596 | 596 |
| | Generate | 600 | 600 | 600 |
| | PDR | 0.993333 | 0.993333 | 0.993333 |
| | PDR rata2 | 0.993333 | | |
| 30 node | Receive | 596 | 595 | 596 |
| | Generate | 600 | 600 | 600 |
| | PDR | 0.993333 | 0.991667 | 0.993333 |
| | PDR rata2 | 0.992778 | | |
| 40 node | Receive | 592 | 0 | 0 |
| | Generate | 601 | 0 | 0 |
| | PDR | 0.985025 | - | - |

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

RIWAYAT PENULIS



Rhedylla Dwi Poetra, lahir di Jakarta 21 April 1995, adalah seorang mahasiswa dari perguruan tinggi di Teknik Elektro, Institut Teknologi Novermber. Mengambil bidang studi Teknik Telekomunikasi dan Multimedia, penulis berusaha mewujudkan cita-cita masa kecilnya untuk menjadi seorang Pebisnis dengan memulai karir sebagai “network engineer” terlebih dahulu. Kemudian bercita-cita berkeliling dunia. Penulis dapat dihubungi di : rhedyllapoetra@gmail.com

---Halaman ini sengaja dikosongkan---